



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene

Stenagervænget 39

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Daniels, Ole

Publication date:
2012

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. S., Jensen, R. L., & Daniels, O. (2012). *Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene: Stenagervænget 39*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 130

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene - Stenagervænget 39

Tine Steen Larsen
Rasmus Lund Jensen
Ole Daniels



Måleprogram For
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sektion for Architectural Engineering

DCE Technical Report No. 130

Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene

- Stenagervænget 39

Tine Steen Larsen
Rasmus Lund Jensen
Ole Daniels

Januar 2012

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 130

Forord

Denne rapport beskriver måleprogram og resultater for Komforthuset beliggende Stenagervænget 39, Skibet, 7100 Vejle. Måleprogrammet er gennemført af Aalborg Universitet i en tre-årig periode med opstart 1. oktober 2008. Rapporten giver en gennemgang af resultaterne fra ovenstående bolig. Generelle resultater fundet for alle huse i projektet findes i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Desuden henvises til rapporten "Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri", som er udgivet fra Aalborg Universitet i januar 2011 (se referenceliste)

Aalborg Universitet, januar 2012
Tine Steen Larsen
Lektor

Indholdsfortegnelse

1.	Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima	9
1.1	Beboerprofil for Stenagervænget 39	9
2.	Krav til indeklima og energiforbrug	11
2.1	Termisk indeklima	11
2.2	Atmosfærisk indeklima	12
2.3	Dagslys	14
2.4	Akustisk indeklima	15
2.5	Vurderingskriterier oversigt	17
2.6	Energiforbrug	18
2.7	Overholdelse af passivhus-kriterierne	18
2.8	Overholdelse af passivhus-anbefalingerne	18
3.	Beskrivelse af huset	19
3.1	Husets varmeforsyning	20
3.2	Be06 / PHPP nøgletal	21
3.3	Problemer i huset	23
4.	Beskrivelse af målinger	25
4.1	Løbende målinger	25
4.2	Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)	27
4.3	Yderligere målinger/beregninger	28
5.	Resultater for indeklima-analyser	29
5.1	Termisk indeklima	29
5.2	Opsamling: Termisk indeklima	35
5.3	Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet	37
5.4	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet	44
5.5	Atmosfærisk indeklima - fugt	47
5.6	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt	53
5.7	Dagslysforhold	55
5.8	Akustisk indeklima	57
6.	Energiforbrug	59
6.1	Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand	59
6.2	Energiforbrug til rumopvarmning	59
6.3	Energiforbrug til el	60
6.4	Overholdelse af passivhus-kriterierne	60
6.5	Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur	62
7.	Installationer	63
8.	Kildeliste	65
9.	Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering	67
9.1	Termisk indeklima	67
9.2	Atmosfærisk indeklima	67
9.3	Dagslys	68
9.4	Akustisk indeklima	69
10.	Bilag B – Termisk indeklima	73
10.1	Generel situation hele året	73
10.2	Sommersituation	76
10.3	Vintersituation	78
10.4	Forårssituation	80
10.5	Efterårssituation	82
11.	Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)	85
11.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251	85
11.2	Cirkeldiagrammer CR1752	89
12.	Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)	93
12.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251	93

12.2	Cirkeldiagrammer CR1752	100
13.	Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP.....	107

1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima

Da Komforthusene ikke som forventet blev solgt da måleprogrammet startede, er der i flere af husene også målt i perioder, hvor husene har stået ubeboede. Da flere af vurderingerne i projektet kræver beboere, har det derfor været nødvendigt for nogle af analyserne, at konstruere et kunstigt år ud fra de måneder, hvor der er beboere i husene. I de tilfælde, hvor det "kunstige år" er brugt, er dette nævnt i analysen.

1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 39

I den tid der er udført målinger i huset, har der boet en familie i det tidsrum som kan ses farvet på Figur 1.1.

Måned	jan-09	feb-09	mar-09	apr-09	maj-09	juni-09	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09	jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	juni-10	jul-10	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10	jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	juni-11	jul-11	aug-11	sep-11
Beboet																																	

Figur 1.1: Beboerprofil for Stenagervænget 39 i tidsrummet, hvor måleprojektet har forløbet.

Familien består af to voksne og et teenagebarn, som har boet i huset i næsten lidt over et år da måleprogrammet blev afsluttet.

2. Krav til indeklima og energiforbrug

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklima ved brug af retningslinjerne opstillet i DS/EN 15251 (*Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*). I projektets oprindelige analyser fra 2008 blev der taget udgangspunkt i "DS/EN/CR 1752, *Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*", men da de fleste i dag bruger DS/EN 15251, følger analyserne i denne rapport hovedsageligt sidstnævnte standard, men der er indsamlet inspiration til vurderingerne fra flere forskellige kilder til, hvordan måleresultater kan vurderes, hvilket fremgår af de følgende afsnit. Det oprindelige udkast til vurdering af indeklima er vedlagt som bilag A.

Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori II som minimum være opfyldt. Denne kategori svarer til et normalt forventningsniveau og bør bruges i alle nye byggerier og renoveringer [DS/EN 15251, 2007]. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN 15251 er gennemgået i afsnit 2.1 og 2.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 2.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklima tager udgangspunkt i DS490, *Lydklassifikation af boliger* og gennemgås i afsnit 2.4.

Ved vurdering af energiforbruget i de enkelte bygninger vil dette både blive vurderet ift forskellige typer af forbrug og ift en opfyldelse af passivhus-kriterierne og passivhus-anbefalingerne. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6-2.8.

2.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 2.1 temperaturintervaller for både kategori I, II og III, som måledata vil blive holdt op imod.

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			I	II	III
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0

Tabel 2.1. Krav til temperatur for hhv. kategori I, II og III. [DS/EN 15251, 2007]

Da projektet startede i 2008, var der i bygningsreglementet ingen specifikke krav til det termiske indeklima, men der stod under stk. 6.2.1, stk. 1 at:

"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene." [Br08]

I bygningsreglementet 2010 er der for lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 defineret krav om, at det termiske indeklima skal

dokumenteres i kritiske rum. Her må temperaturen maksimalt overstige 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer pr. år.

2.1.1 Kriterier for overholdelse af kategori

I DS/EN 15251 er en metode, til vurdering af hvornår en komfortklasse er overholdt, præsenteret. I *Annex G – Anbefalede kriterier for acceptable afvigelser*, er det anbefalet at benytte 3 eller 5 % som maksimal afvigelse, hvilket på månedsbasis vil svare til 22 og 36 timer og på årsbasis til 259 og 432 timer. Det vælges i projektet at benytte dette kriterium som vurderingsparameter for om kategori II er overholdt. [DS/EN 15251, 2007].

På månedsbasis vurderes desuden ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

Vurdering af Passivhus-anbefaling for overtemperatur

Passivhusinstituttet anbefaler, at der maks. 10% af tiden forekommer temperaturer over 25°C. Denne anbefaling vil blive kontrolleret for hver måned samt på årsbasis.

Vurdering af overtemperatur ift danske BR-10 krav til lavenergibyggeri

I forbindelse med overtemperatur evalueres der i forhold til de maksimalt 100 timer over 26 °C og 25 timer over 27 °C i kritiske rum. Denne undersøgelse passer med de termisk opstillede krav efter kategori II, hvor komforttemperaturen går fra 23 til 26 °C med sommerbeklædning.

Vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning

For at vurdere, om der er problemer med utilstrækkelig opvarmning, er der til dette projekt opstillet følgende krav med inspiration fra overtemperaturkravene fra BR10 til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. De 100 og 25 timer benyttes ligeså, men ved temperaturer under henholdsvis 20 °C og 19 °C. Disse krav passer i forhold til vinterbeklædning i kategori II.

2.2 Atmosfærisk indeklima

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance. I bygningsreglementet er der ikke stillet nogle direkte krav til atmosfærisk komfort, men der stilles dog krav til en minimums ventilationsmængde i boliger [BR10, 2011].

Kriterier for både CO₂ og relativ luftfugtighed vurderes i projektet i forhold til kategori II fra DS/EN 15251. Desuden vurderes om setpunktsværdierne har været overskredet i mere end ét sammenhængende døgn. Har dette været tilfældet opfyldes kravene for atmosfærisk komfort ikke. Undersøgelsen af

om forskellige niveauer har været overskredet bliver lavet på månedsbasis, hvorimod kravet til kategori II både undersøges på måneds- og årsbasis.

2.2.1 CO₂

Der findes i dag ikke danske anbefalinger for CO₂ niveau i boliger, og resultaterne fra dette projekt vil derfor udelukkende blive evalueret i forhold til et givent niveau over ude-koncentrationen for DS/EN 15251, hvor kategori II skal overholdes.

Vurdering af CO₂ iht DS/EN 15251

Der er i DS/EN 15251 beskrevet fire klasser, hvor klasse II er sat til 500 ppm over udekonzentrationen. [DS/EN 15251, 2007]. Dette vurderingskriterium medtages i undersøgelsen. Alle fire klasser kan ses i tabellen herunder.

Kategori	CO ₂ værdi over udekonzentration
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Tabel 2.2: Anbefalede CO₂ værdier fra DS/EN 15251.

Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af CO₂-niveauet i boligen vurderes desuden antallet af perioder, hvor CO₂-niveauet i 8 sammenhængende timer overskrider kategori II. De 8 timer er valgt, da det indenfor en relativt kort periode bør være muligt at opnå et lavt niveau igen efter længere tids belastning (fx om morgenen når soveværelset forlades).

2.2.2 Relativ luftfugtighed (RF)

På samme måde som for evaluering af CO₂-niveauet benyttes DS/EN 15251 til vurdering af den relative luftfugtighed, hvor kategori II skal overholdes.

Vurdering af relativ luftfugtighed iht DS/EN 15251

I DS/EN 15251 optræder også fire kategorier for fugt. Overholdelse af disse kategorier medtages i undersøgelsen. Kategorier er vist i tabellen herunder.

Kategori	Relativ luftfugtighedsværdier
I	30-50 %
II	25-60 %
III	20-70 %
IV	<20 og >70 %

Tabel 2.3: Anbefalede relativ luftfugtighedsværdier fra DS/EN 15251.

Kontrol af RF<45%

RF<45% vurderes, da det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%. Ved denne undersøgelse søges efter, om der i boligen har været en sammenhængende måned hvor RF<45%. Tilladelig afvigelse er 10 timer i løbet af perioden.

Kontrol af RF>75%

RF>75% vurderes, da der her er risiko for problemer i konstruktionerne. Der tillades RF>75% i højst 1% af tiden. [SBI224]

Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af RF vurderes desuden antallet af perioder, hvor RF i 24 sammenhængende timer overskrider kategori II.

2.2.3 Ventilation

I analysen af atmosfærisk komfort vil ventilationsmængden blive sammenholdt med både CO₂ og relativ luftfugtighed, for at bestemme om der i boligen er en sammenhæng imellem de forskellige trin ventilationsanlægget kører på og eventuelle afvigelser på vurderingskriterierne for CO₂ og relativ luftfugtighed. Ved at analysere grafer med disse værdier vurderes det om ventilationsmængden er tilstrækkelig samt hvorvidt det er muligt at nedjustere luftskiftet fra 0,5 h⁻¹, som er gældende i dag (=0,35 l/s pr m² opvarmet etageareal).

2.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	(6.5.1, STK. 1) Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet. Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	(6.5.2, STK. 1) I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en **dagslysfaktor på 2%** også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås **hele vejen ind gennem rummet** og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

Metode til bestemmelse af dagslysfaktor er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*

2.4 Akustisk indeklimate

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklimate* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	(6.4.2, STK. 1 - STK. 4) Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning. Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange. Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

Lydkrav

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlings, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

4.2

Lydklasse B

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

4.3

Lydklasse C

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

Fremgangsmåden for målingerne af støj og efterklangstider er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

2.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område, $L_{pA,LF}$, ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 2.4.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 2.4. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

2.4.2 Krav til efterklangstider

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 2.5. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A <i>T</i> i s	Klasse B <i>T</i> i s	Klasse C <i>T</i> i s	Klasse D <i>T</i> i s
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 2.5. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

2.5 Vurderingskriterier oversigt

Nedenstående tabel giver et samlet overblik over de parametre der vurderes i forbindelse med indeklimaet i Komforthusene.

		Maks. afvigelse	
	Kriterium	Måned	År
Termisk			
Generel vurdering	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
Overtemperatur	25 °C	10 %	10 %
	26 °C	100 h	100 h
	27 °C	25 h	25 h
Undertemperatur	20 °C	100 h	100 h
	19 °C	25 h	25 h
Atmosfærisk			
CO ₂	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	8 h i træk	-
Relativ fugtighed	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	24 h i træk	-
	70%<φ<30%	24 h i træk	-
	φ<45%	1 måned i træk på nær 10 timer	-
	φ>75%	1 %	-
Dagslysfaktor	2 % ved bagmur	-	-
Akustik			-
Efterklang	Kat B	-	-
Tekniske installationer	Kat B	-	-

Tabel 2.6: Oversigt over vurderingskriterier for indeklima.

2.6 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug genereres en rapport med data for energi brugt til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug således, at fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug. En oversigt over målte forbrug ses i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

I Stenagervænget 39 skal følgende el-forbrug fratrækkes: 16,7W

2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om husene overholder passivhus-kriterierne vil de nødvendige data for energiforbrug til rumopvarmning og det primære energiforbrug, dvs det totale el-forbrug, blive medtaget i separat datarapport på måneds- og årsbasis. Her skal det kontrolleres, om målingerne i husene viser en overensstemmelse med de beregnede værdier fundet i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7.

Varmebehov	15 kWh/m ² pr år
Primært Energibehov	120 kWh/m ² pr år
Lufttæthed	0,6 h ⁻¹ v. ΔP = 50 Pa

Tabel 2.7. Passivhus-kriterierne. [PHPP2007]

Kontrol af om lufttætheden er opnået, foretages via rapporten udleveret efter blowerdoor-test af husene.

2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne

Udover kontrol af passivhus-kriterierne, som skal overholdes for at kunne blive certificeret som passivhus, undersøges det, om passivhus-anbefalingerne er overholdt i projektet. Også her oprettes der en rapport med de målte data, som sammenholdes med de opstillede anbefalinger. Anbefalingerne kan ses i Tabel 2.8.

Varmelast	maks 10 W/m ²
Overtemperatur	maks 10 % (t<25°C)
Vinduers U-værdi	maks 0,80 W/m ² K

Tabel 2.8. Passivhus-anbefalingerne. [PHPP2007]

Antallet af timer med overtemperatur tælles månedsvis, og vil blive udregnet både på månedsbasis og på årsbasis. Ifølge PHPP skal overtemperatur-timer tælles, når temperaturen er over 25°C. Endeligt vil vinduernes U-værdier blive kontrolleret i PHPP-beregningen for hvert enkelt hus.

3. Beskrivelse af huset

I dette kapitel findes opbygning af huset på Stenagervænget 39 samt en beskrivelse af, hvor i huset der måles. På Figur 3.1 er et billede af huset fra syd vist, hvor de store vinduespartier i køkken/alrum er synlige. På Figur 3.2 er huset vist fra sydøst.



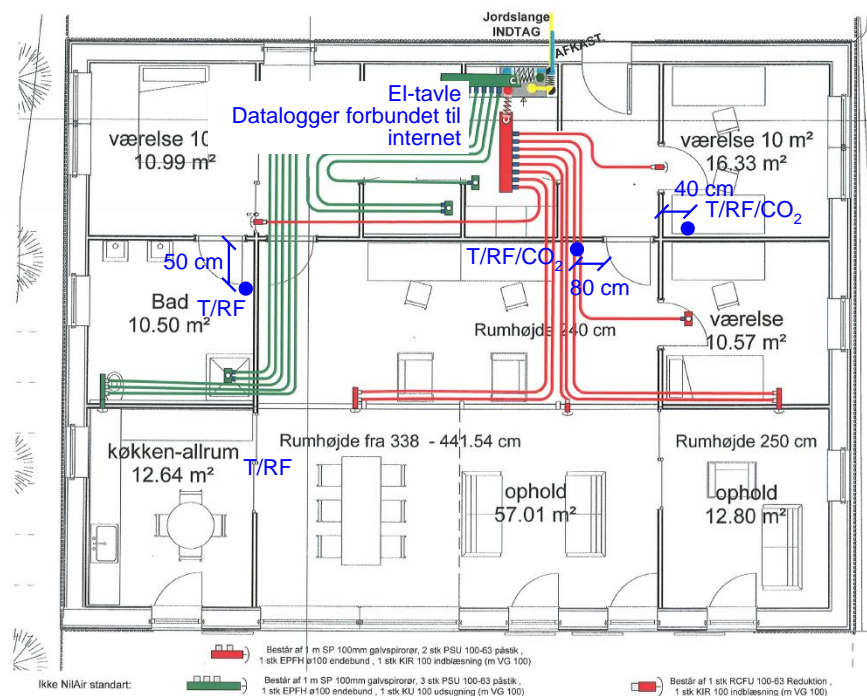
Figur 3.1: Stenagervænget 39 fra syd.



Figur 3.2: Stenagervænget 39 fra sydøst.

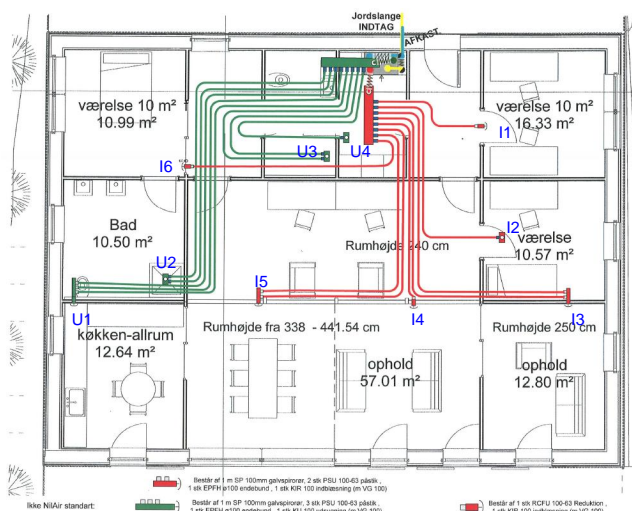
De store vinduespartier mod syd er placeret i husets stue og køkken. Konstruktionen er lavet så der er udhæng over vinduerne mod syd. Desuden er der mulighed for brug af manuelle skodder på vinduerne mod vest, syd og øst.

Nedenstående tegninger viser husets indretning, ventilationssystem samt placering af teknikrum. Der er i huset ikke forberedt el til CO₂-målere, hvorfor disse skal forbindes til almindelige stikkontakter. Placering af målere til indeklima-målinger ses på Figur 3.3. . Internetstik er placeret i bryggers. Plads til 4 bimålere i eltavle i teknikrum.



Figur 3.3: Grundplan for Stenagervænget 39. Placering af indeklimatefølere.

Placering af ventilationskanaler samt nummereringen af indblæsnings- (I) og udsugningsåbninger (U) brugt i forbindelse med registrering af luftskifte i huset er angivet på Figur 3.4.



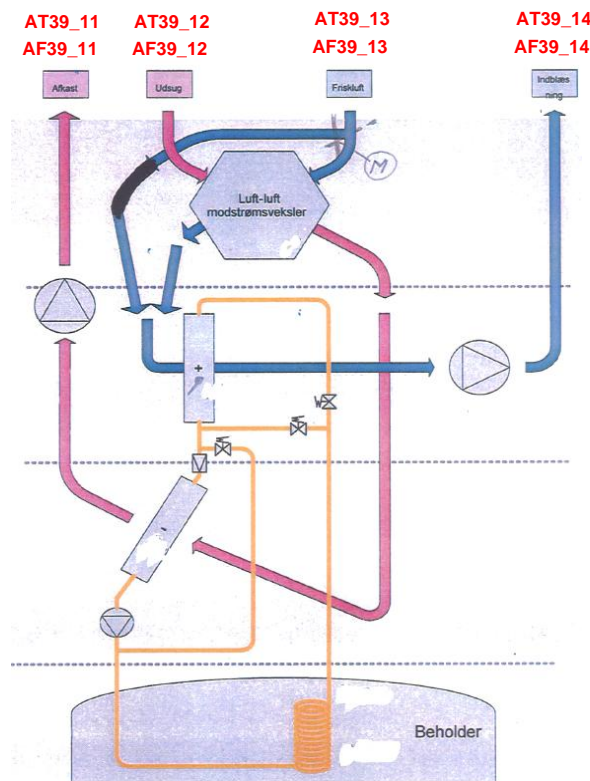
Figur 3.4. Placering af ventilationskanaler samt nummerering af henholdsvis indblæsning og udsugning.

Udover disse beskrevne målinger, måles der på elforbruget for hårde hvidevarer, belysning og andet forbrug samt en totalmåling af elforbruget. Endvidere måles energien brugt til varmt brugsvand. Detaljeret beskrivelse af målinger forefindes i kapitel 4.

3.1 Husets varmforsyning

I huset er der installeret et Nilan VP18 compact anlæg, som illustreret i Figur 3.5. I beholderen opvarmes varmt brugsvand, men varmen fra beholderen opvarmer desuden gulvvarmekreds. Vandet cirkulerer i gulvkreds vha Grundfoss Alpha pumpe. Der er opsat jordvarmepumpe som

ekstra sikkerhed i anlægget. Nummerering af målepunkter jfr. beskrivelse på efterfølgende sider.



Figur 3.5. Placering af målepunkter i kompaktanlægget.

3.2 Be06 / PHPP nøgletal

I dette afsnit vil resultaterne fra både Be06 og PHPP energirammeberegninger blive præsenteret. Da huset er opført efter passivhus standarden (PHPP), skal denne beregning af energiramme overholdes for at huset kan certificeres. Endvidere skulle det danske bygningsreglement overholdes for at huset kunne opføres.

Først er resultatet af Be06 beregningen og nøgletal derfra vist herunder på Figur 3.6 og en varmebalance fra beregningen på Figur 3.7.

Nøgletal, kWh/m² år

Energiramme		
BR: 86,1	Klasse 2: 58,9	Klasse 1: 41,1

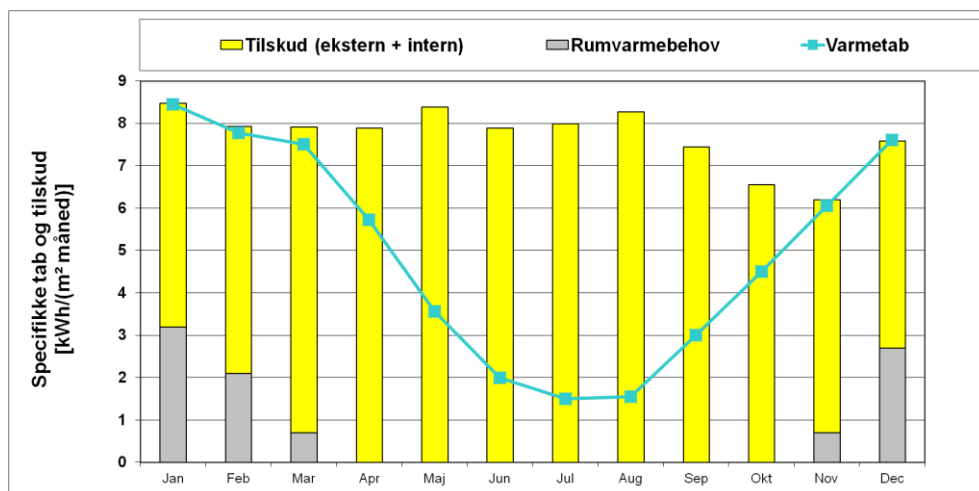
Samlet Energibehov 28,1

Bidrag til energibehovet		Netto behov	
Varme	0,0	Rumopvarmning	9,3
El til bygningsdrift	9,9 *2,5	Varmt brugsvand	16,9
Overtemp. i rum	3,2	Køling	0,0

Udvalgte elbehov		Varmetab fra installationer	
Belysning	0,0	Rumopvarmning	0,0
Opvarmning af rum	0,0	Varmt brugsvand	3,7
Opvarmning af vbv	-0,0		
Varmepumpe	7,0	Ydelser fra særlige kilder	
Ventilatorer	2,9	Solvarme	0,0
Pumper	0,0	Varmepumpe	26,2
Køling	0,0	Solceller	0,0
Totalt elforbrug	40,6		

Figur 3.6: Be06 nøgletal.

Som det fremgår af figuren, overholder huset lavenergiklasse 1 med en stor margin. Det er synligt at huset får alt energi fra el til bygningsdrift, hvilket i dette tilfælde vil sige varmepumpe og ventilationsanlæg. Endvidere bemærkes det, at opvarmningsbehovet for huset er markant mindre end den mængde energi der skal bruges til varmt brugsvand samt at der gives en mindre straf for overtemperatur. Det lave opvarmningsbehov er også illustreret på Figur 3.7, hvor varmebalancen er vist.



Figur 3.7: Varmebalance fra Be06 beregning.

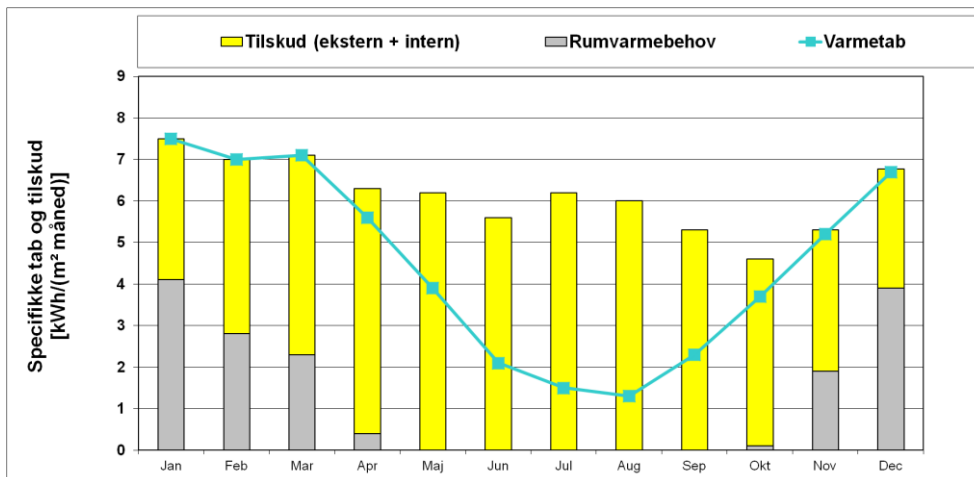
Tilskuddet til huset overstiger i de fleste måneder varmetabet, hvilket indikerer, at opvarmningssæsonen her er januar, februar, marts, november og december.

Herunder er nøgletal for PHPP-beregningen vist på Figur 3.8 og en varmebalance fra programmet er vist på Figur 3.9.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area					
Treated Floor Area:		<div>151,9</div>	m ²		
	Applied:	Monthly Method		PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	15	kWh/(m ² a)		15 kWh/(m ² a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,4	h ⁻¹		0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	119	kWh/(m ² a)		120 kWh/(m ² a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	73	kWh/(m ² a)			
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:		kWh/(m ² a)			
Heating Load:	11	W/m ²			
Frequency of Overheating:	0	%		over <div>25</div> °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m ² a)		15 kWh/(m ² a)	
Cooling Load:	3	W/m ²			

Figur 3.8: PHPP nøgletal.

Kravene for passivhus-standarden er overholdt. Energi til opvarmning er holdt under 15 kWh/m² år og den primære energi under 120 kWh/m². Utætheden på bygningen er under 0,6 h⁻¹ og overtemperaturstimer over 25°C er under 10 %.



Figur 3.9: Varmebalance fra PHPP beregning.

Varmebalancen fra PHPP-beregningen viser de samme tendenser som Be06 beregningen med varmetab og tilskud til bygningen. PHPP viser dog et mindre varmetab og tilskud, mens et større rumvarmebehov er tilfældet. Dette skyldes bl.a. forskellen i angivelse af intern belastning i de to programmer.

3.3 Problemer i huset

Beboerne har i den tro at de kunne spare på el-forbruget sat ventilationen til at køre på trin 1. (periode efterår 2010 – til okt 2011)

4. Beskrivelse af målinger

Ved udarbejdelsen af måleprogrammet er der skelnet mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, som er målinger af dagslys, akustik og ventilationsmængder, der foretages under enkelte besøg i huset.

4.1 Løbende målinger

De løbende målinger er målinger af energiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, el-forbrug samt indeklima-målinger. Måleusikkerheder for udstyret gennemgås i projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Dette afsnit gennemgår i detaljer hvilke parametre der måles for Stenagervænget 39.

4.1.1 Måling af indeklima

Registrering af indeklima foregår med trådløse følere. Dog skal CO₂-målere forsynes med strøm. Placering af disse er angivet på plantegning. Følgende registreres løbende i den tre-årige måleperiode:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Termisk og atmosfærisk indeklima:				
Det termiske indeklima omfatter temperaturfor delingen i huset. Det atmosfæriske indeklima omfatter luftkvaliteten i huset	IT39_02: Temperaturmåling IF39_02: Måling af relativ fugtighed IC39_02: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9193	Værelse	AAU
	IT39_03: Temperaturmåling IF39_03: Måling af relativ fugtighed IC39_03: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9194	Stue	AAU
	IT39_04: Temperaturmåling IF39_04: Måling af relativ fugtighed	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9047	Baderum	AAU

4.1.2 Målinger af energiforbrug

I forbindelse med registrering af energiforbruget i huset samt vurdering af COP og vekslereffektivitet skal følgende målinger foretages i kompaktaggregatet:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSV.
Varmepumpe				
Varmepumpen opvarmer varmtvandsbeholdere n. Desuden bruges kølevæsken til forvarmning af ventilations-luft efter varmeveksler. Gulvvarmekreds henter også energi fra varmtvandsbeholdere n	EL39_10: El-forbrug til kompaktenhed (total)	Bi-måler	Elskab	TRE-FOR
Rumopvarmning/ventilation				
Rummene opvarmes af gulvvarme (bad, toilet, teknikrum) samt ventilationsluft.	<p>EN39_03: Energi leveret til gulvvarme, dvs. flow i gulvslanger (EN39_03Qv) samt temperatur-forskel over frem- og returløb (EN39_03T).</p> <p>EL39_06: Elforbrug til pumpe på gulvvarmekreds</p> <p>B_EN39_13: Total energi tilført ventilationsluften. Dette beregnes via temperatur i friskluftsindtag (AT39_13) og indblæsningsluft (AT39_14) samt registrering af ventilationsflow (B_AL39_01). Benyttes ved bestemmelse af COP for hele anlægget.</p> <p>Der måles følgende temperaturer i tilslutningerne til aggregat: AT39_11: Afkastluft AT39_12: Udsugningsluft AT39_13: Friskluftsindtag AT39_14: Indblæsningsluft</p> <p>Der måles følgende fugtindhold i aggregat: AF39_11: Afkastluft AF39_12: Udsugningsluft AF39_13: Friskluftsindtag AF39_14: Indblæsningsluft</p> <p>AL39_01: Luftmængde</p>	<p>Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h</p> <p>Bi-måler</p> <p><i>Beregningsmæssig punkt.</i></p> <p>Termoelementer/følere</p> <p>Fugtfølere tilsluttet Eltek transmitter T-10935</p> <p>Beregnes via registrering af</p>	<p>På gulvvarmekreds</p> <p>Elskab</p> <p>OEMS</p> <p>Se tegning med aggregat</p> <p>El-tavle</p>	<p>TRE-FOR</p> <p>TRE-FOR</p> <p>Nilan</p> <p>TRE-FOR</p>

	EL39_08: El til ventilatorer	ventilator-trin (AL39_02) Bi-måler		
Varmt brugsvand				
Varmt brugsvand tappes fra varmtvandsbeholderen. Energiforbrug måles efter beholderen således, at varmetabet fra beholderen indgår i den endelige COP-værdi.	EN39_01: Leveret varme fra varmespiral i beholder. Dette registreres via aftappet vand fra beholder. Der måles leveret vandmængde (EN39_01Qv) og temperaturdifferens på koldt vand (EN39_01Tk) leveret til beholderen og varmt vand (EN39_01Tv) tappet fra beholderen	- Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow = 0,3 l/s = 1080 l/h $\Delta T = 55^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{C}$	På varmt brugsvand, varmt rør, aftapning	TRE-FOR

Desuden skal følgende energimålinger foretages:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVARLIG
El-forbrug				
For at kunne vurdere husets samlede forbrug af primær energi er det nødvendigt også at registrere el-forbruget i husholdningen.	EL39_02: El-forbrug hårdehvidevarer EL39_01: Totalt el-forbrug B_EL39_03: El-forbrug belysning/andet	Bi-måler Hovedmåler B_EL39_03 = $\text{EL39_01} - (\text{EL39_02} + \text{sum}(\text{EL39_04} : \text{EL39_15})) - \text{skønnet forbrug for måleudstyr}$	Elskab Elskab	TRE-FOR Bygherre
Forvarmning af indblæsningsluft				
Indblæsningsluften forvarmes via jordkanal	B_EN39_08: Forvarmningen registreres via ventilationsmængde (B_AL39_01), udeluftens temperatur (UD00_01) og temperaturen inden indgang til aggregat (AT39_16)	<i>Beregningsmæssigt punkt.</i>	OEMS	TRE-FOR

4.1.3 Beregning af nøgletal

Ud fra de opsamlede data vil der blive foretaget en vurdering af COP for anlægget samlet set/varmepumper alt efter mulighederne i huset (afhænger af placering af målepunkter), ventilationsanlægget SEL-værdi samt vekslerens effektivitet.

4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)

Spotmålingerne foretages under en række besøg i huset i løbet af måleperioden, hvor bl.a. dagslys samt støj og akustik registreres.

4.2.1 Bestemmelse af dagslysfaktorer

Dagslysmålinger foretages iht vejledningen givet i *SBi-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*. Målingerne vil blive foretaget i centrale rum i et vandret plan fra vinduet og ind i rummet i en højde på 0,85 m over gulvet. Der foretages samtidige målinger af belysningsstyrken indendørs og udendørs for at kunne beregne dagslysfaktoren så nøjagtigt som muligt.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

4.2.2 Måling af efterklangstider og støj fra tekniske installationer

Målinger af efterklangstider samt støj fra ventilationsanlæg foretages i husets stue eller køkken/alrum. Disse udføres iht vejledningen givet i *DS 490, Lydklassifikation af boliger* samt ud fra måle-anvisningerne givet i *Støjfri ventilationsanlæg* af Carl Erik Hyldgård.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

4.2.3 Måling af luftmængder

Måling af luftmængder i husene er målt ved anlæggets forskellig trin, i de tilfælde ventilatoren kører med forskellige trin. Resultatet af disse målinger kobles sammen med målinger af strømforbrug fra ventilatoren (foretages som løbende måling) for at fastlægge husets aktuelle luftskifte.

4.3 Yderligere målinger/beregninger

Der foretages kontrol af alle følere, instrumenter og tilslutninger.

Husenes tæthed skal måles, evt. når tæthedsmembranen er færdiggjort og når huset er indflytningsklart. Dette foretages af konsortiet via en blowerdoor-test. Resultatet herfra oplyses til Aalborg Universitet til brug ved vurdering af husets samlede energiforbrug og indeklime.

Udeklima registreres løbende via lokal vejrstation samt DMI-data fra Billund. Her registreres udetemperatur, vindhastighed og –retning samt solindfald.

5. Resultater for indeklima-analyser

I huset vil der være flest opholdstimer i køkken/alrum, hvorfor der vil blive lagt mest fokus på dette målepunkt i analysen.

5.1 Termisk indeklima

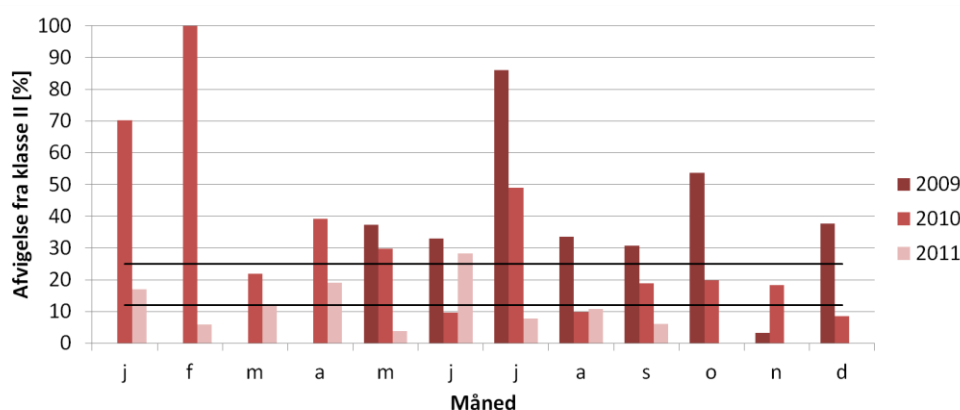
I afsnit 2.1 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det termiske indeklima. Med et aktivitetsniveau på 1,2 met, er kategori I, II og III defineret og det er som standard defineret i projektet at kategori II skal overholdes. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for termisk indeklima findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.2.

5.1.1 DS/EN 15251– overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.1 til Tabel 5.3. Ved valg af beklædning er der sommer brugt sommerbeklædning (0,5 clo) og vinter brugt vinterbeklædning (1,0 clo) til at vurdere den termiske komfort. Forår og efterår er der regnet med variabel beklædning således, at der i disse perioder vælges komfortinterval ud fra det interval der giver mindst timer underfor kategori 2. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.4. Denne opgørelse er også foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag B – Termisk indeklima"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	37	33	86	33	31	54	3	38
2010	70	100	22	39	30	10	49	10	19	20	18	8
2011	17	6	12	19	4	28	8	11	6	-	-	-

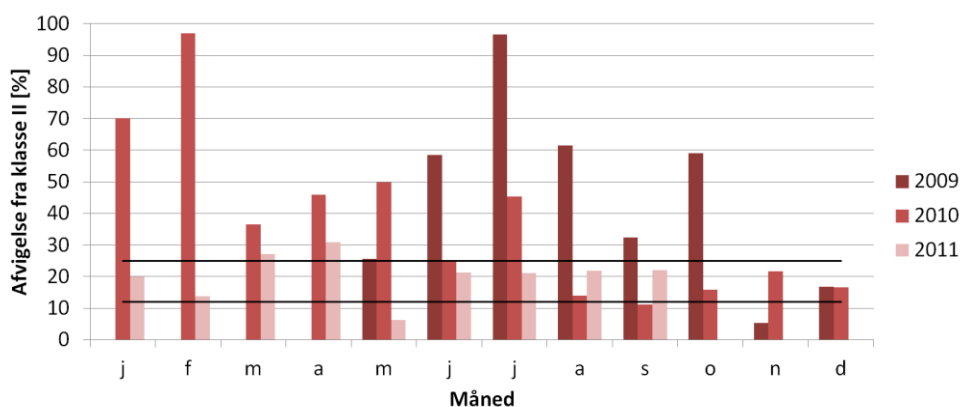
Tabel 5.1: Afbigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.1: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	26	58	97	61	32	59	5	17
2010	70	97	36	46	50	25	45	14	11	16	22	17
2011	20	14	27	31	6	21	21	22	22	-	-	-

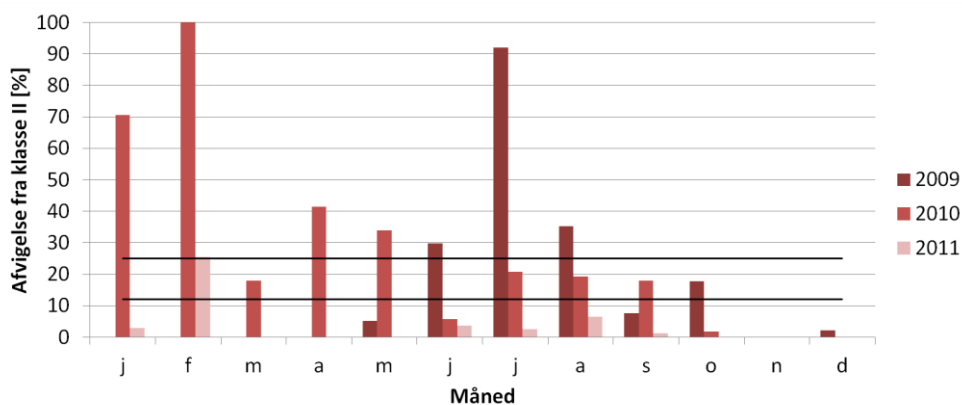
Tabel 5.2: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.2: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	5	30	92	35	8	18	0	2
2010	71	100	18	41	34	6	21	19	18	2	0	0
2011	3	25	0	0	0	4	3	6	1	-	-	-

Tabel 5.3: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.3: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

	2009	2010	2011
Værelse	18	28	1
Stue	27	32	1
Baderum	15	23	0

Tabel 5.4: Samlet årsoversigt over afvigelser i procent fra kategori II for alle rum. Vurdering er foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C.

Ud fra ovenstående figurer fremgår det, at der er et acceptabelt termisk indeklima i huset i den periode hvor huset har været beboet (markeret med gråt i tabellerne). Der er en tendens til overtemperaturer i sommerperioden, men overskridelserne holder sig for det meste under 25% af tiden i løbet af

en måned. Vurderes komfortintervallet over året som 20-26°C overskrides dette kun mellem 0-1% af tiden i 2011, hvilket tyder på, at afvigelserne i stuen skyldes lave temperaturer og ikke som normalt høje temperaturer i boligen. Dette vurderes yderligere i afsnit 5.2.

5.1.2 PHPP, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Sammenligning med passivhusanbefalingen, krav til lavenergiklasse 2015/bygningsklasse 2020 samt vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning foretages i Tabel 5.5 til Tabel 5.7 på månedsniveau. Tabel 5.8 indeholder en oversigt på årsniveau. Bemærk af temperaturer > 25°C angives i %. De øvrige vurderinger angives i h.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	>25 [%]	-	-	-	-	26	77	97	56	14	79	36	1
	>26 [h]	-	-	-	-	27	234	640	245	33	345	23	0
	>27 [h]	-	-	-	-	0	102	571	137	2	135	0	0
2010	<19 [h]	384	614	19	13	0	0	0	0	0	1	36	1
	<20 [h]	522	671	163	282	179	0	0	0	9	2	73	1
	>25 [%]	0	0	0	0	0	48	87	54	17	3	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	69	365	66	9	3	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	131	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	9	1	38	-	-	-
	>25 [%]	6	15	1	3	0	9	0	0	0	-	-	-
	>26 [h]	0	7	0	0	0	1	0	0	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.5: Over- og undertemperaturtimer for værelse.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	>25 [%]	-	-	-	-	52	86	100	82	30	83	27	6
	>26 [h]	-	-	-	-	176	418	718	457	98	416	39	28
	>27 [h]	-	-	-	-	52	251	670	279	31	234	15	18
2010	<19 [h]	453	618	72	147	69	0	0	0	0	1	0	1
	<20 [h]	501	645	252	330	260	0	0	0	0	1	0	1
	>25 [%]	1	0	2	0	4	63	76	59	49	16	7	8
	>26 [h]	6	0	6	0	0	181	337	99	80	35	17	18
	>27 [h]	2	0	3	0	0	47	165	9	14	14	5	7
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	18	7	8	8	0	7	4	10	5	-	-	-
	>26 [h]	41	10	14	1	0	2	8	3	12	-	-	-
	>27 [h]	14	3	3	0	0	0	0	0	5	-	-	-

Tabel 5.6: Over- og undertemperaturtimer for stue.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	>25 [%]	-	-	-	-	20	70	100	74	7	36	1	0
	>26 [h]	-	-	-	-	15	214	684	262	3	105	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	0	53	615	136	0	24	0	0
2010	<19 [h]	401	478	14	21	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	525	672	134	298	216	0	0	0	0	1	0	0
	>25 [%]	0	0	0	0	0	45	41	0	0	0	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	39	115	0	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	>25 [%]	0	24	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	>26 [h]	0	17	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-

Tabel 5.7: Over- og undertemperaturstimer for baderum.

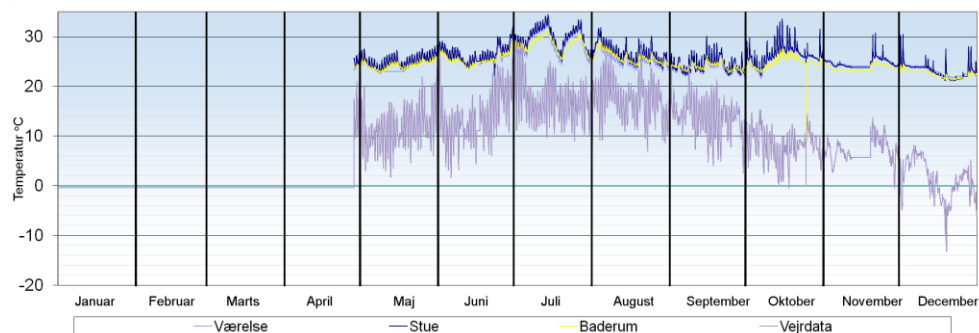
		<19 [h]	<20 [h]	>25 [%]	>26 [h]	>27 [h]
Værelse	2009	0	0	33	1547	947
	2010	1067	1901	18	512	131
	2011	0	48	3	8	0
Stue	2009	0	0	40	2360	1550
	2010	1360	1989	24	779	266
	2011	0	0	6	100	28
Baderum	2009	0	0	26	1283	828
	2010	914	1845	7	154	31
	2011	0	0	2	17	0

Tabel 5.8: Årsværdier for over- og undertemperaturstimer.

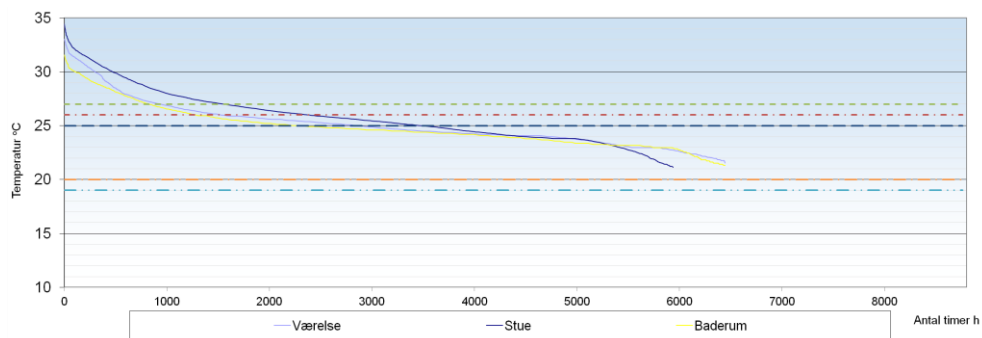
5.1.3 Temperaturmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser temperaturkurverne for målepunkterne placeret rundt i huset. Samtidig kan indetemperaturens afhængighed af udetemperaturen vurderes.

2009

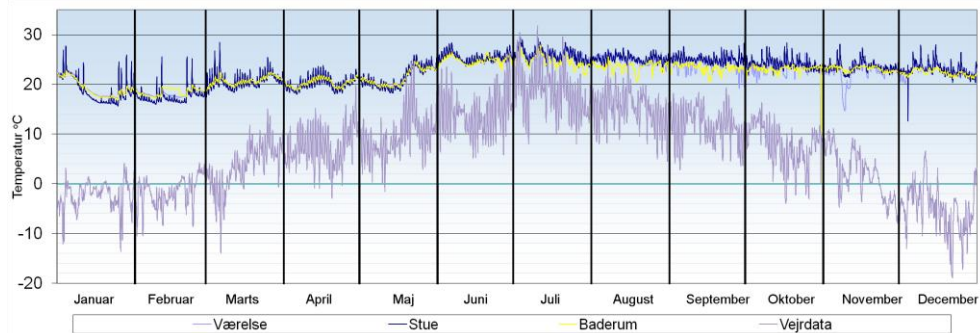


Figur 5.4 Temperaturer i de enkelte rum for 2009.

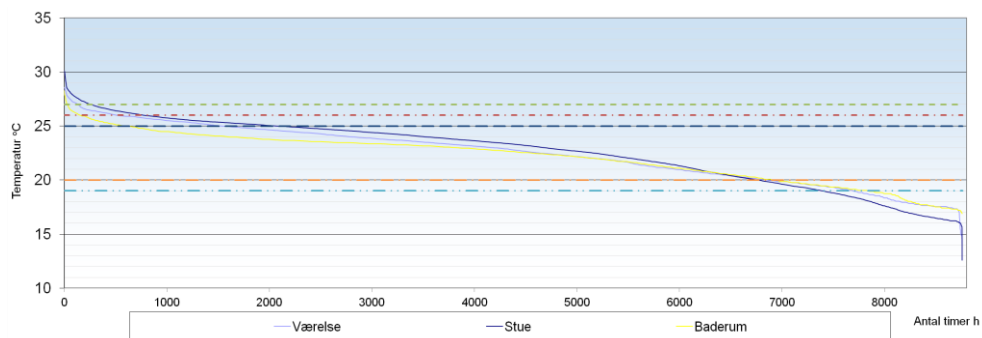


Figur 5.5 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2009.

2010

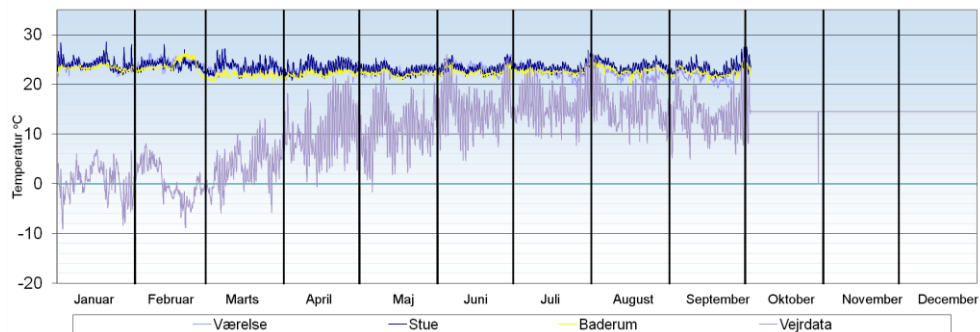


Figur 5.6 Temperaturer i de enkelte rum for 2010.

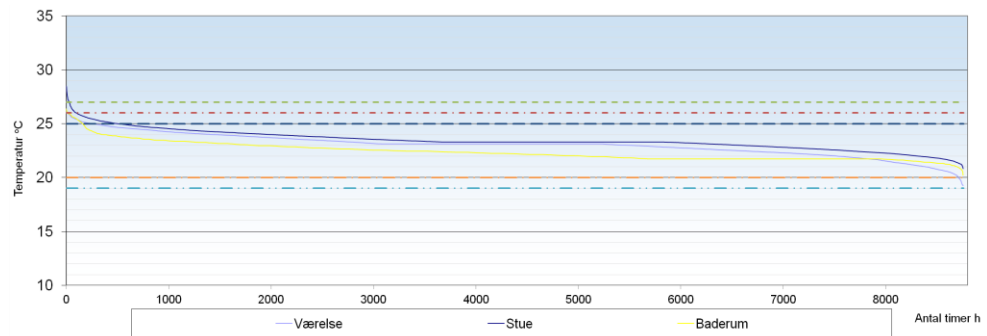


Figur 5.7 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.8 Temperaturer i de enkelte rum for 2011.



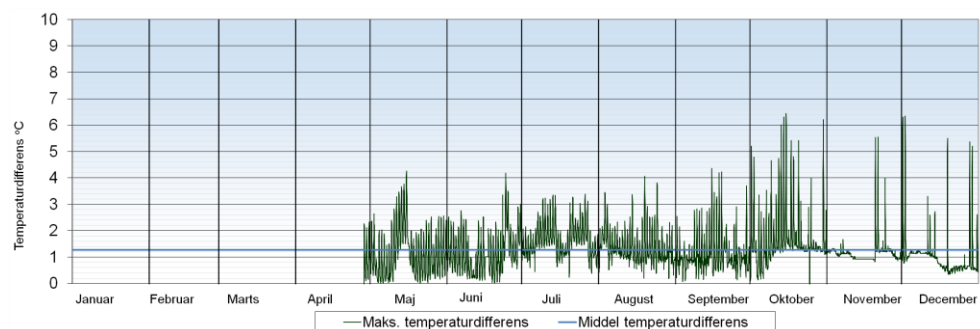
Figur 5.9 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2011.

Huset står tomt indtil juli 2010, men kan i den ubeboede periode opretholde en rumtemperatur på min. 16°C uden intern belastning. I den periode hvor huset er beboet, ligger rumtemperaturen meget jævnt hen over året. Stuen er varmest og bad samt værelse en anelse køligere. Der er ikke store udsving i temperaturen i sommermånederne hvilket tyder på en effektiv solafskærmning.

5.1.4 Temperaturforskel imellem rum

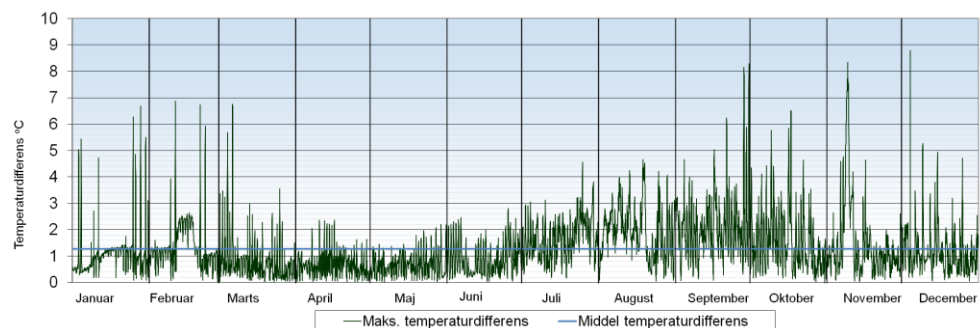
Det fremgår af figurerne i afsnit 5.1.3, at der er uens temperaturer i rummene. Denne variation vil naturligt opstå afhængigt af rummenes brug, da det interne varmetilskud varieres efter antallet af personer i et rum. De følgende figurer viser hvorledes forskellen mellem det koldeste og det varmeste rum varierer i løbet af 2009-2011.

2009



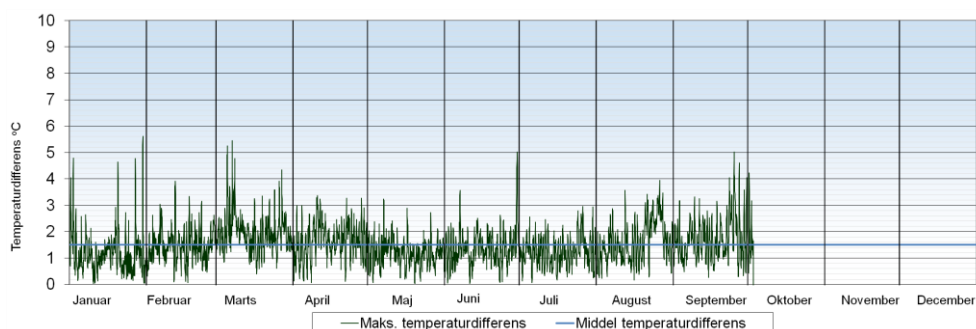
Figur 5.10 Maksimal temperaturfforskel i mellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.11 Maksimal temperaturfforskel i mellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.12 Maksimal temperaturforskell i mellem rummene for 2011.

Temperaturdifferensen er meget jævn og med en differens på kun 1-2°C tyder det på en ensartet fordeling af temperaturen i boligen.

5.2 Opsamling: Termisk indeklima

Ud fra analyserne i afsnit 5.1 samt resultaterne i "Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

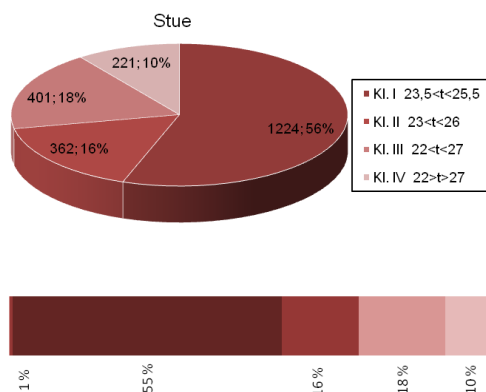
5.2.1 Termisk funktion

Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Her overholdes kategori II i begge registrerede rum i hele perioden.

Sommersituation

For både 2010 og 2011 er kategori II opfyldt ca 70% af tiden i stuen. I 2010 skyldes afvigelserne fra kat. II varmere temperaturer hvorimod afvigelserne i 2011 skyldes køligere temperaturer. Dog skal det nævnes, at den nedre grænse for kat. III er 22°C, og denne kun overskrides i ca 3% af tiden i 2011. Fordelingerne er vist i Figur 5.13 og Figur 5.14.



1%

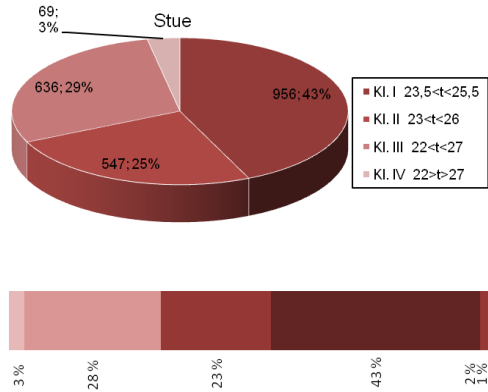
55%

16%

18%

10%

Figur 5.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



3%

28%

23%

43%

2%

Figur 5.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

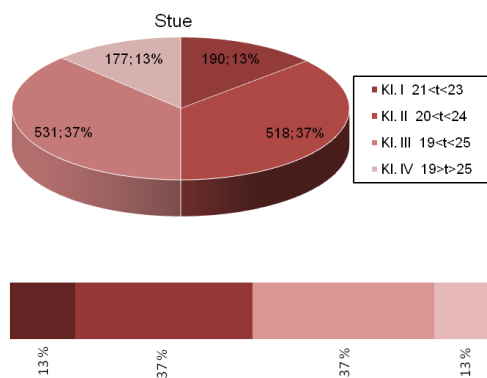
Samme tendens genfindes ved vurdering af værelset mod nordøst, som dog kun opfylder kategori II i 38% af tiden i 2011. Afvigelserne skyldes her alle temperaturer mindre end 23°C.

Efterårssituation

Efteråret fungerer ligesom foråret godt, og der opnås kategori II i 94-100% af tiden i alle rum.

Vintersituation

For vinterperioden vurderes kun 2011, da det er den eneste periode huset har været beboet hele perioden. I denne periode opnås kat. II i ca 50% af



tiden i stuen. Afvigelser fra kat. II skyldes højere temperaturer, hvilket fremgår af figuren til venstre. Det kan således være beboerne, der foretrækker en højere rumtemperatur end de 24°C som afgrænser kat. II. Denne høje rumtemperatur vil sandsynligvis også afspejles i husets energiforbrug, som vil være væsentligt højere end det beregnede.

Figur 5.15: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

5.2.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolles hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.1.

DS/EN 15251 kategori II

Som tidligere nævnt vurderes her ud fra som maksimal afvigelse på 3 eller 5 %, hvilket på årsbasis svarer til 259 og 432 timer. [DS/EN 15251, 2007]. Desuden vurderes på månedsbasis ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energinetralt byggeri.

Der findes i foregående afsnit frem til, at der er et acceptabelt termisk indeklima i huset i den periode, hvor huset har været beboet. Der er en tendens til overtemperaturer i sommerperioden, men overskridelserne holder sig de fleste måneder under 25% af tiden. Vurderes resultaterne over året opfyldes i 2011 kravet på maks. 3% af tiden i alle rum. 2011 er det eneste år huset har været beboet alle måneder.

Lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Ved vurdering af de nuværende krav til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 om maks 100 timer over 26°C og 25 timer over 27°C skal tællingen af timer foretages for kritiske rum. I dette tilfælde vurderes det kritiske rum at være køkken/alrum, da dette rum er sydvendt med store vinduespartier. Der er i 2011, som er det bedste år set i forhold til overtemperaturer, registreret 100 timer over 26°C og 28 timer over 27°C.

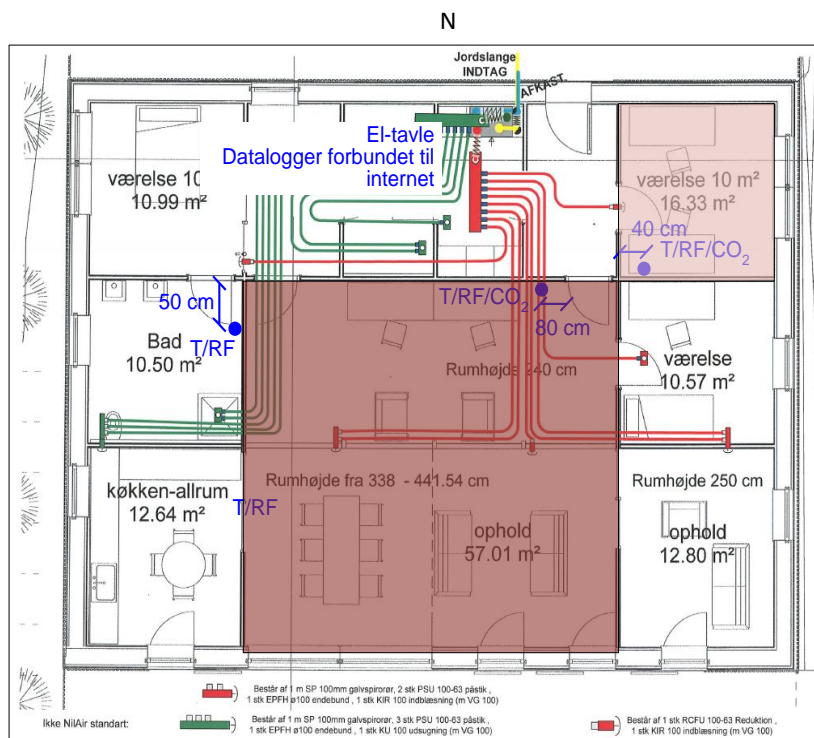
Ud fra ovennævnte antal timer kan det konkluderes, at huset klarer kravet på de 100 timer, men lige netop ikke opnår 25 timer over 27°C men derimod 28 timer. Dog kan det stadig betragtes som et flot resultat for husets kritiske rum selvom det ikke helt kan leve op til de krav der i dag stilles til indeklima i lavenergibyggeri.

PHI-anbefaling ift overtemperatur

Ved vurdering af passivhus-anbefalingen om maks 10% af tiden over 25°C, svarer de 10% til en beregning baseret på hele huset som gennemsnit. I praksis vil de sydvendte rum ofte overophede hvorimod de nordvendte rum forbliver kølige, og det kan derfor diskuteres hvorvidt denne vurdering bør foretages på rumniveau eller ej. I afsnit 5.1.2 opgives tallene på rumniveau. Heraf fremgår det, at huset i 2011 overholder de 10% i alle registrerede rum.

5.2.3 Kritiske rum

Der gives i det følgende en oversigt over hvilke rum der typiske er kolde hhv varme rum i boligen. Oversigten er foretaget ud fra temperaturmålinger i de pågældende rum og er foretaget på årsbasis. Oversigten er baseret på samtlige rum i boligen, hvori der måles temperaturer.



5.16 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste temperatur og mørk farve markerer rummet med den højeste temperatur for 2010 og 2011.

5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder CO₂-niveauet i bygningen, som vurderes i dette afsnit. Desuden vil luftskiftet i bygningen blive vurderet sidst i dette afsnit.

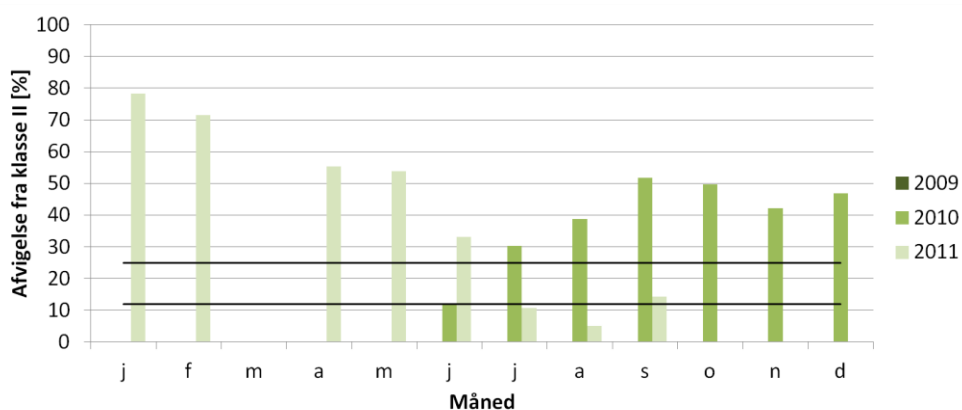
Der søges også med atmosfærisk indeklima at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for CO₂-niveauet i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.4.

5.3.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.9 og Tabel 5.10. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.11. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	12	30	39	52	50	42	47
2011	78	72	0	55	54	33	11	5	14	-	-	-

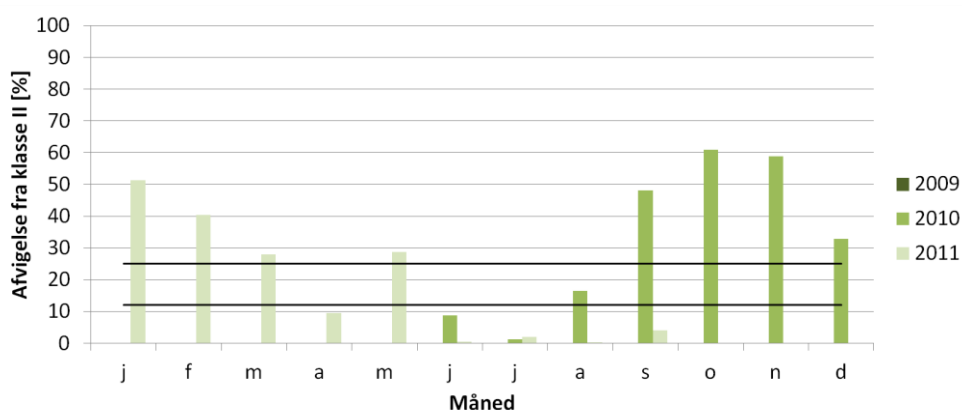
Tabel 5.9: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.17: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	9	1	17	48	61	59	33
2011	51	40	28	10	29	0	2	0	4	-	-	-

Tabel 5.10: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.18: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

Det fremgår af ovenstående figurer, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet huset er meget lukket i denne periode end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Desuden ses det, at værelset, som er det rum med mindst volumen pr person, opnår store afvigelser fra kategori II en stor del af året. Desuden er det også værelset

der ved en årsvurdering opnår det dårligste resultat med afvigelser fra kategori II i op til 47% af tiden.

	2009	2010	2011
Værelse	0	23	47
Stue	0	19	16

Tabel 5.11: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

5.3.2 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 8 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Værelse	0	0	0	0	0	6	17	19	24	21	11	18
	Stue	0	0	0	0	0	2	0	2	11	14	10	7
2011	Værelse	22	21	21	23	26	16	3	1	6	-	-	-
	Stue	9	4	4	0	6	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.12: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerperioden i værelset er en del perioder med over 8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode burde være væsentligt forøget vha naturlig ventilation.

Ved sammenfatning af resultaterne i Tabel 5.12 til årsniveau findes antal sammenhængende 8 timers perioder i løbet af et år i Tabel 5.13.

		Klasse II
Værelse	2009	0
	2010	116
	2011	139
Stue	2009	0
	2010	46
	2011	23

Tabel 5.13: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

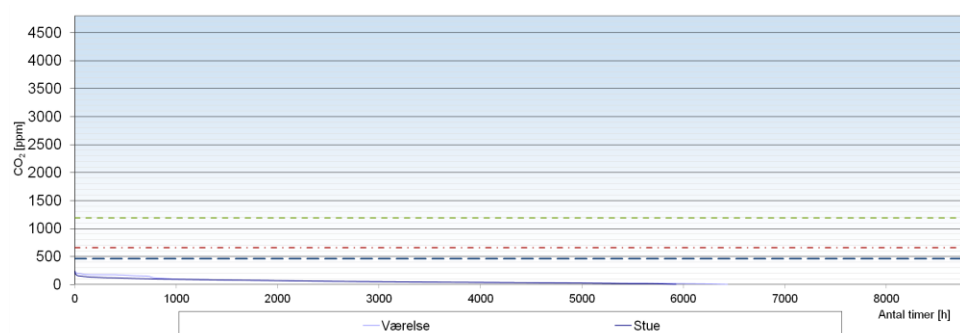
5.3.3 CO₂-målinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit indeholder en kronologisk oversigt over CO₂-målingerne i huset fratrasket udeniveau således, at de direkte kan sammenholdes med kravene fra hhv DS/EN 15251 og CR1752 (se evt afsnit 2.2.1).

2009

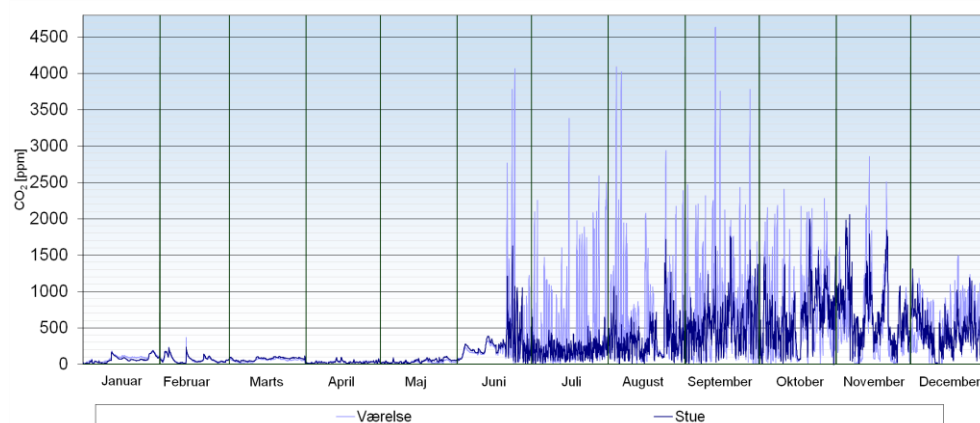


Figur 5.19 CO₂-niveau i de enkelte rum for 2009.

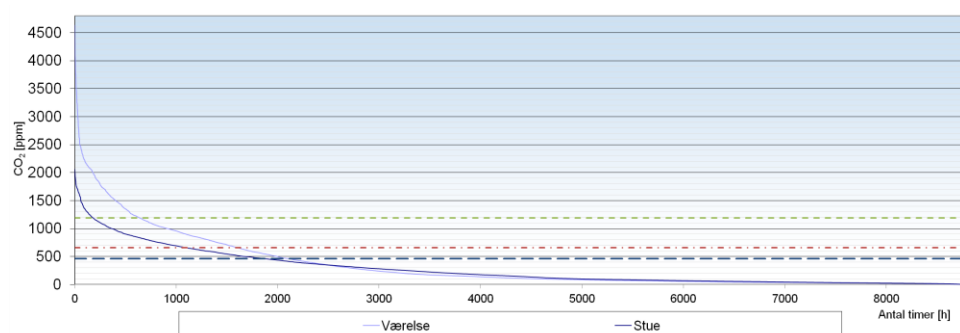


Figur 5.20 Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2009.

2010

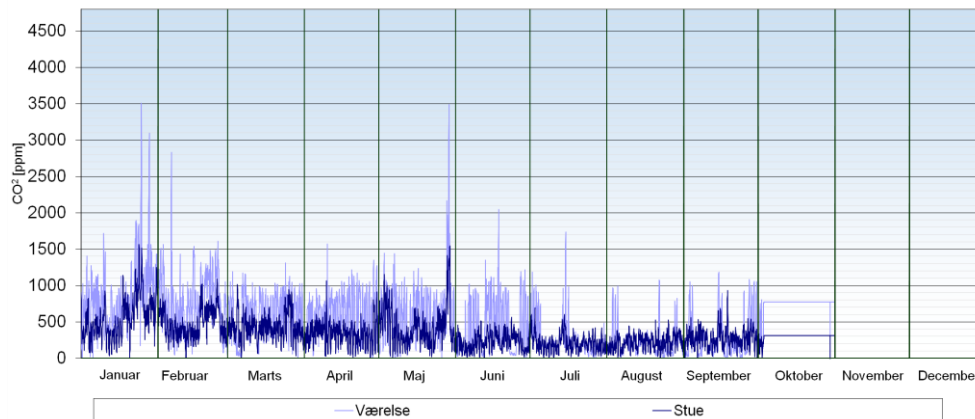


Figur 5.21 CO₂-niveau i de enkelte rum for 2010.

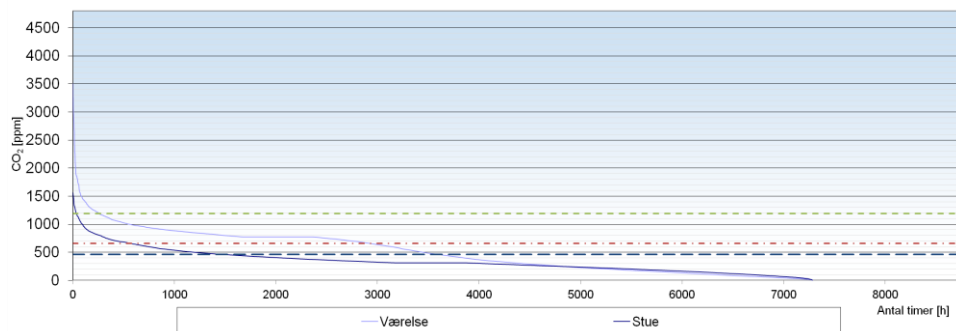


Figur 5.22 Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.23 CO₂-niveau i de enkelte rum for 2011.



Figur 5.24 Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af CO₂-niveauet i de målte rum, at niveauet stiger en anelse i vinterperioden. Dette er som tidligere nævnt helt som forventeligt, da boligen i denne periode holdes mere tæt end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Der suppleres dermed i væsentlig grad med naturlig ventilation om sommeren. Desuden ses det, at ventilationen i værelset er utilstrækkelig, da CO₂-niveauet næsten dagligt kommer op på 1500 ppm over udeniveau. Fra november 2010 forøges ventilationen eller den interne belastning reduceres – resultatet er mindre overskridelser i 2011.

5.3.4 CO₂-forskel imellem rum

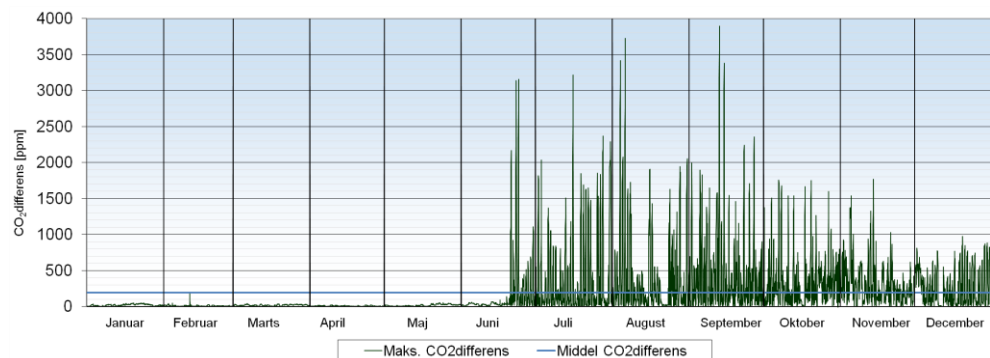
Det fremgår af forrige afsnit, at der er dårlig opblanding af luft i boligen, da niveauerne er meget forskellige. I det følgende vurderes forskellen i niveauerne.

2009



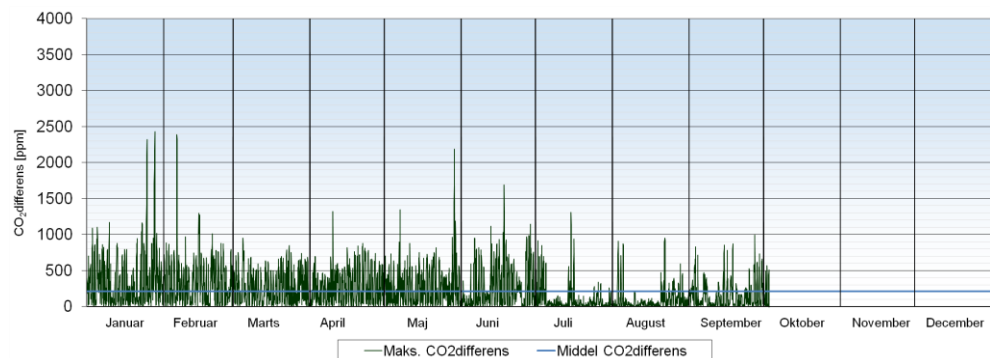
Figur 5.25 Maksimalt CO₂-niveau i mellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.26 Maksimalt CO₂-niveau i mellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.27 Maksimalt CO₂-niveau i mellem rummene for 2011.

Forskellen i målte CO₂-niveauer er stort set ens året rundt i 2011, hvorimod der er større afvigelser i 2010, hvor det høje CO₂-niveau blev fundet i værelset.

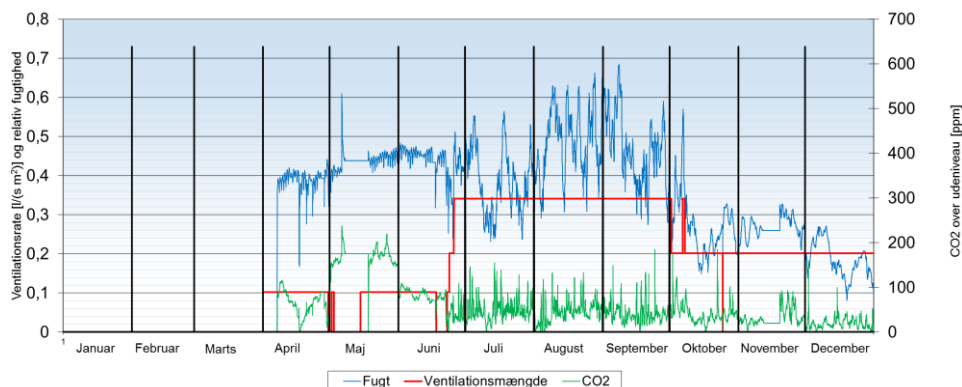
5.3.5 Behovstyret ventilation - vurdering af luftskifte i boligen

Der blev ved projektets start givet dispensation fra BR08 således, at der kunne køres med behovsstyret ventilation i samtlige Komforthuse. Husets luftskifte fremgår af nedenstående tabel. Celler markeret med gråt angiver beboelse i huset. Det fremgår her, at der året rundt køres med et konstant luftskifte meget lavere end de i BR08 anbefalede værdier (som var 0,35 l/s pr m²), hvilket også kan forklare det høje CO₂-niveau der er fundet i huset.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	Året
2009	-	-	-	0,100	0,059	0,132	0,341	0,341	0,341	0,210	0,202	0,202	0,214
2010	0,128	0,007	0	0,054	0,102	0,102	0,102	0,101	0,101	0,099	0,138	0,200	0,095
2011	0,157	0,163	0,200	0,196	0,189	0,195	0,200	0,201	0,193	-	-	-	0,188

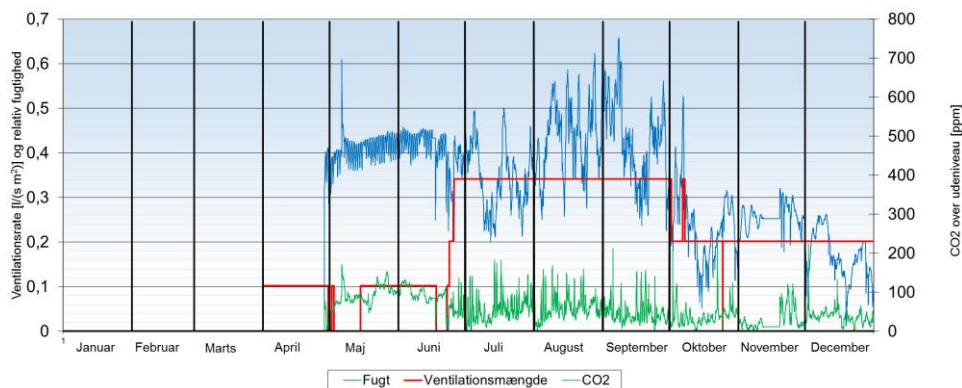
Tabel 5.14 Middel ventilationsmængde i l/(s m²)

2009 værelse



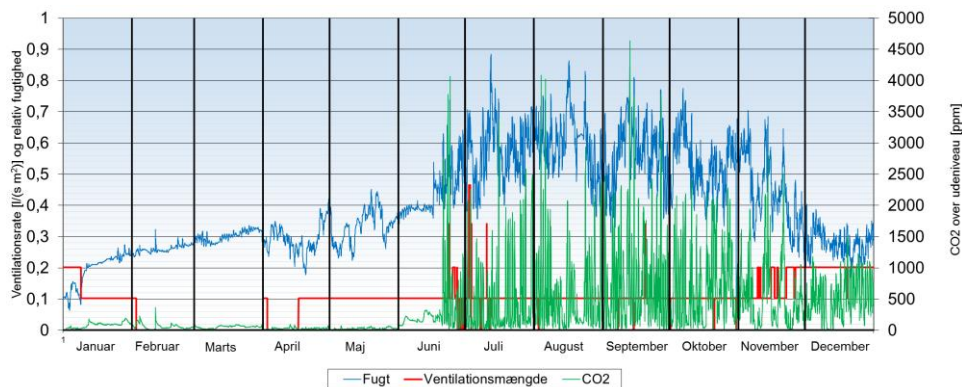
Figur 5.28: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

2009 stue



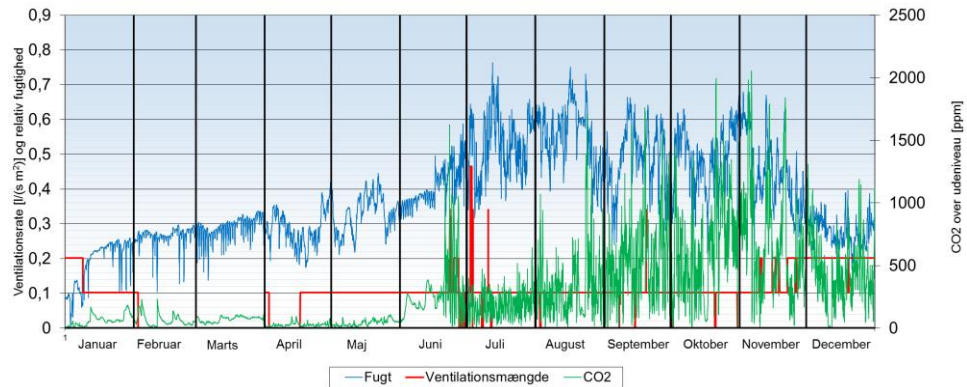
Figur 5.29: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

2010 værelse



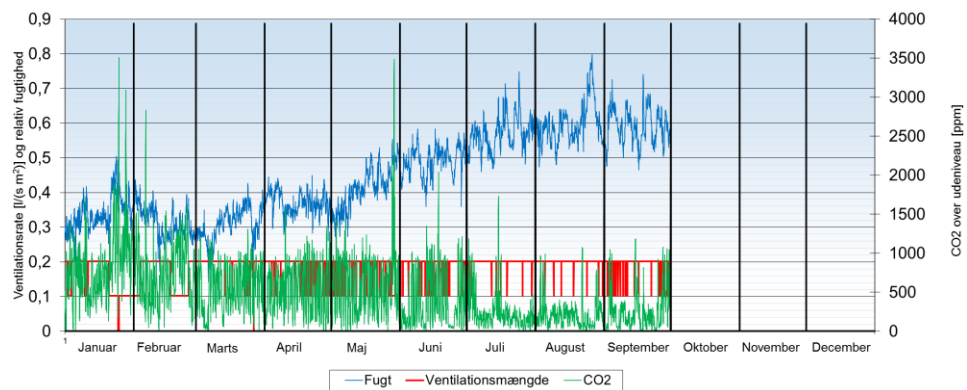
Figur 5.30: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

2010 stue



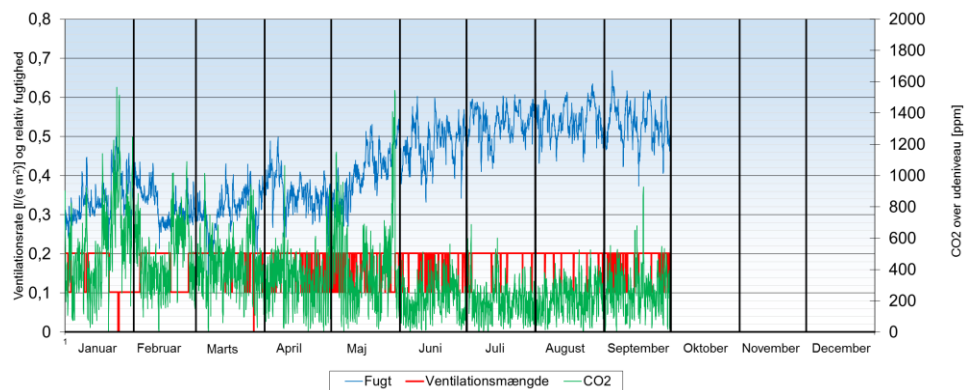
Figur 5.31: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

2011 værelse



Figur 5.32: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

2011 stue



Figur 5.33: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

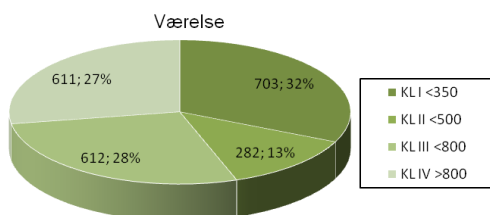
5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

Ud fra analyserne i afsnit 5.3 samt resultaterne i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

5.4.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

Forårssituation



Figur 5.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.

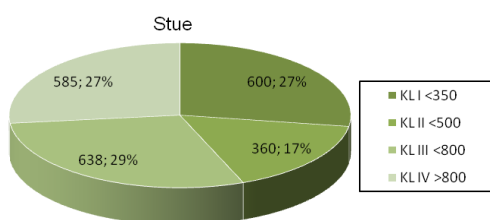
Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Der er i denne periode opnået kategori II i ca 78% af tiden i stuen, hvilket ligger lige på kanten af de anbefalede 25% overskridelse. I værelset opnås kun kat. II i 45% af tiden og 27% af tiden ligger niveauet svarende til kat. IV.

Fordelingen for værelset er vist i figuren til venstre.

Sommersituation

I sommerperioderne opnås kat. II i 90-100% af tiden i stuen. I værelset er der stadig problemer i sommerperioden hvor kat. II opnås 73% hhv 86% af tiden i 2010 og 2011.

Efterårssituation

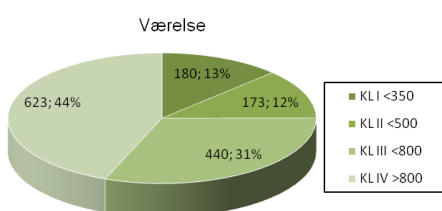


Figur 5.35: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

I efteråret 2010 opnås der dårlige resultater for både værelse og stue. I stuen opnås kun kat. II i 44% af tiden i 2010. I 2011 opnås dette i 86% af tiden, dog er det væsentligt at huske, at efterår 2011 kun er baseret på september måned, hvor luftskiftet vil være højere end når oktober og november medregnes, som det er tilfældet i 2010.

Resultaterne for stuen i 2010 er vist i figuren til venstre.

Vintersituation



Figur 5.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.

Som forventet stiger CO₂-niveauet i vintermånederne, da den naturlige ventilation i denne periode må forventes at være på et minimum. Der vurderes kun målinger for 2011, som er baseret på januar og februar dette år, da målingerne for 2010 også indeholder januar 2010, hvor huset stod tomt. Der opnås kategori II i 53% af tiden for stuen, men kun 25% af tiden for værelset. Dette er vist i figuren til venstre.

5.4.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.1.

DS/EN 15251 kategori II

Det fremgår vurderingerne ift DS/EN15251, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet vinduer og døre er mere

lukkede i denne periode end om sommeren, hvor de ofte er åbne, og dermed bidrager til at forøge luftskiftet i boligen.

Desuden ses det, at værelset, som er det rum med mindst volumen pr person, opnår store afvigelser fra kategori II en stor del af året. Desuden er det også værelset der ved en årsvurdering opnår det dårligste resultat med afvigelser fra kategori II i op til 47% af tiden i 2011.

Sammenholdes med anbefalingen om maks. 5% overskridelse fra kat II opnås det aldrig i huset i den periode, det er beboet.

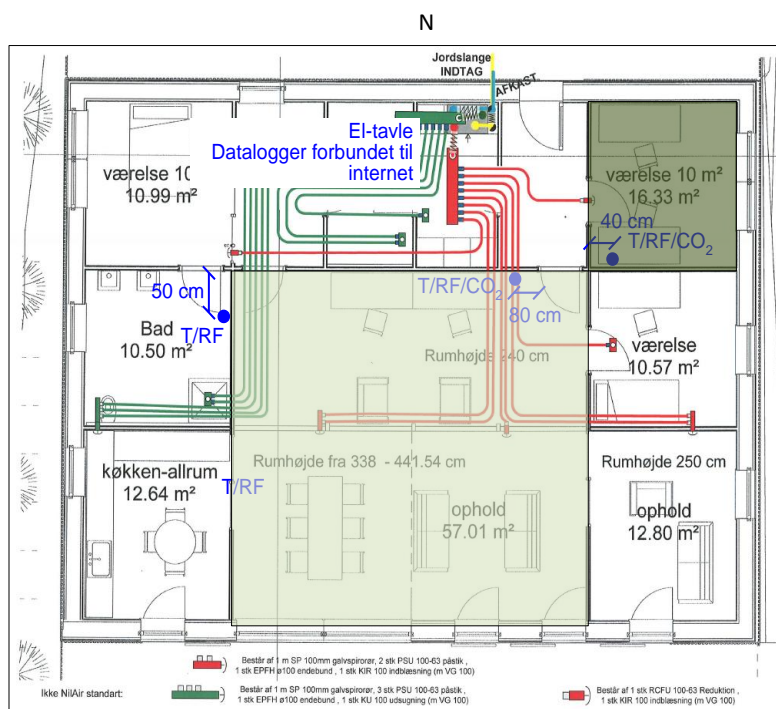
Overskridelse af kategori II i en sammenhængende 8 timers periode

Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerperioden i værelset er en del perioder med over 8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode ofte er væsentligt forøget vha naturlig ventilation. Ventilationen i værelset bør dermed forøges for at sikre et bedre atmosfærisk indeklima i dette rum.

5.4.3 Kritiske rum

Der er i de registrerede rum i denne bolig fundet problemer med CO₂-niveauet i begge de registrerede rum. Nedenstående figurer viser hvilke rum der har hhv de højeste og laveste koncentrationer af CO₂.

Værelset opnår meget høje koncentrationer med overskridelser på op til 2000 ppm hen over en nat. Dette problem er typisk for børne- og soveværelser, hvor belastningen øges om natten og varer ved i en længere periode samtidig med, at volumenet i denne type rum ofte er væsentligt mindre end andre rum i boligen.



5.37 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO₂-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO₂-niveau for 2010 og 2011.

5.4.4 Ventilation

Ved vurdering af luftskiftet i boligen, og sammenholdning af dette med CO₂-niveau i huset vurderes det, at luftskiftet i boligen bør forøges, da der året rundt er problemer i værelset. Der køres året rundt med et luftskifte på ca. halvdelen af det i BR08 anbefalede luftskifte.

5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder niveauet af den relative luftfugtighed (RF) i bygningen, som vurderes i dette afsnit.

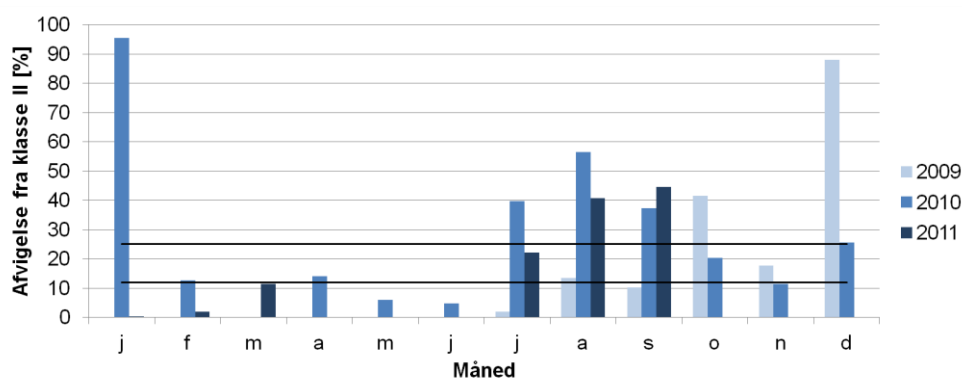
Det ønskes at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for RF i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.6.

5.5.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.15 til Tabel 5.17. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.18. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)".

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	2	13	10	42	18	88
2010	95	13	0	14	6	5	40	57	37	20	12	26
2011	0	2	11	0	0	0	22	41	45	-	-	-

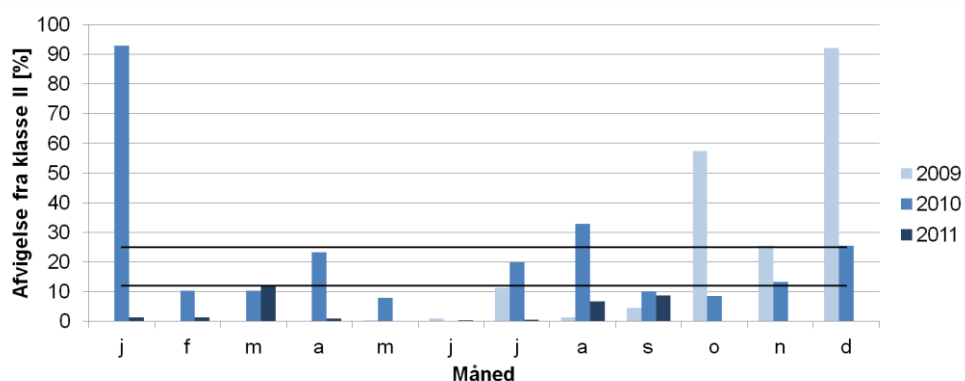
Tabel 5.15: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.38: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	1	11	1	5	57	25	92
2010	93	10	10	23	8	0	20	33	10	8	13	25
2011	1	1	12	1	0	0	0	7	9	-	-	-

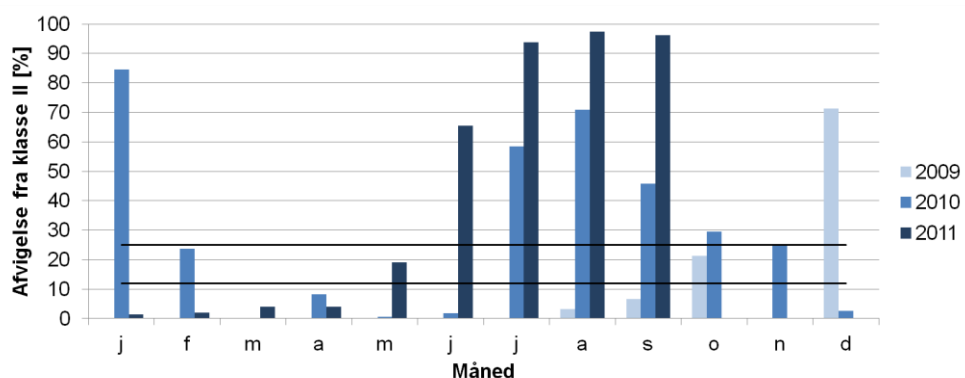
Tabel 5.16: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.39: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	3	7	21	0	71
2010	85	24	0	8	1	2	58	71	46	29	25	3
2011	1	2	4	4	19	66	94	97	96	-	-	-

Tabel 5.17: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.40: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I badeværelset findes der store afvigelser sommer og efterår. I de øvrige rum findes de største afvigelser i samme periode, men i disse rum er de knap så markante. Desuden er der i stue og værelse også afvigelser over 25% i december. Hvorvidt afvigelserne skyldes for høj eller lav RF fremgår ikke her, men vurderes målingerne af RF i afsnit 5.5.5 ses, at det i det sommer- og efterårsmånederne vil skyldes for høj RF og i december skyldes for lav RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier på nær 2011 i stuen langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

	2009	2010	2011
Værelse	20	27	14
Stue	24	21	4
Baderum	12	29	43

Tabel 5.18: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

5.5.2 Perioder med RF<45%

For at sikre anbefalingen om mindst en måned med RF<45% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.19.

		Antal perioder
Værelse	2009	2
	2010	2
	2011	2
Stue	2009	2
	2010	2
	2011	3
Baderum	2009	2
	2010	2
	2011	1

Tabel 5.19: Antal sammenhængende perioder >1 måned, hvor den relative fugtighed er under 45 %.

Det fremgår af ovenstående tabel, at der alle år i alle rum er mindst 1 måned med RF < 45%.

5.5.3 Tid med RF>75%

For at sikre anbefalingen om maksimalt 1% af tiden med RF>75% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.20 på månedsbasis og i Tabel 5.21 på årsbasis.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Værelse	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Baderum	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Værelse	0	0	0	0	0	0	3	6	3	1	0	0
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Baderum	0	0	0	0	0	0	6	16	6	0	0	0
2011	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	3	0	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0	2	5	21	28	22	-	-	-

Tabel 5.20: Procentdel med relativ fugtighed over 75 %.

Af ovenstående og nedenstående tabel fremgår det, at baderum flere gange opnår perioder med RF > 75%. Også værelset har enkelte perioder.

		$\varphi > 75\%$
Værelse	2009	0
	2010	1
	2011	0
Stue	2009	0
	2010	0
	2011	0
Baderum	2009	0
	2010	2
	2011	9

Tabel 5.21: Årsværdier for andel af relativ fugtighed som er over 75 %.

5.5.4 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 24 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II. Vurderingen foretages på månedsbasis i Tabel 5.22 og på årsbasis i Tabel 5.23.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	1	1	2	2	1
	Stue	-	-	-	0	0	0	1	0	0	3	4	2
	Baderum	-	-	-	0	0	0	0	0	1	3	0	2
2010	Værelse	3	0	0	1	1	0	2	3	4	1	0	1
	Stue	2	0	0	2	0	0	1	1	1	0	2	2
	Baderum	1	1	0	1	0	0	3	5	4	2	2	0
2011	Værelse	0	0	1	0	0	0	3	2	5	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0	2	7	3	3	4	-	-	-

Tabel 5.22: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

		Klasse II
Værelse	2009	8
	2010	17
	2011	12
Stue	2009	11
	2010	11
	2011	2
Baderum	2009	6
	2010	20
	2011	20

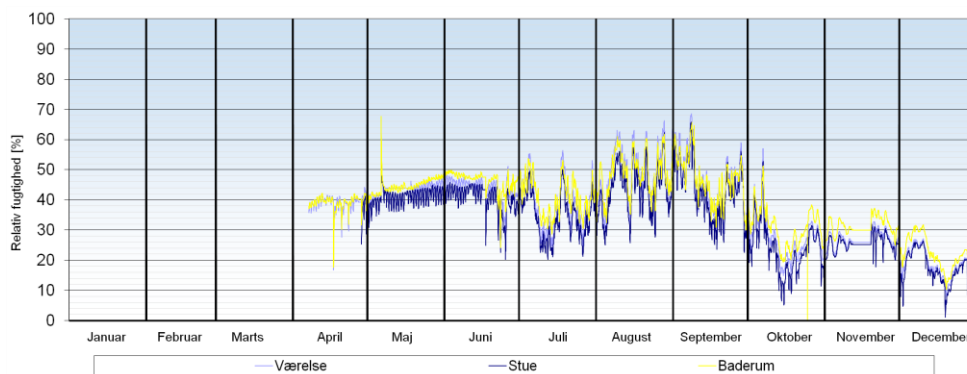
Tabel 5.23: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes flere perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes. De største afvigelser findes i værelset samt badeværelset.

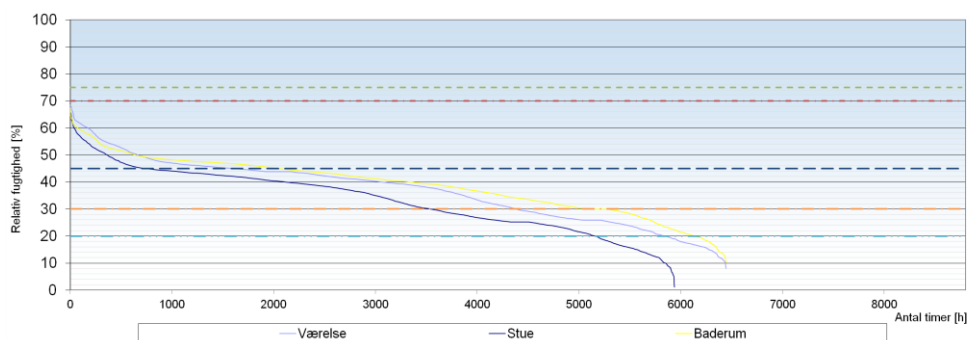
5.5.5 Fugtmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser målepunkterne for relativ luftfugtighed placeret rundt i huset.

2009

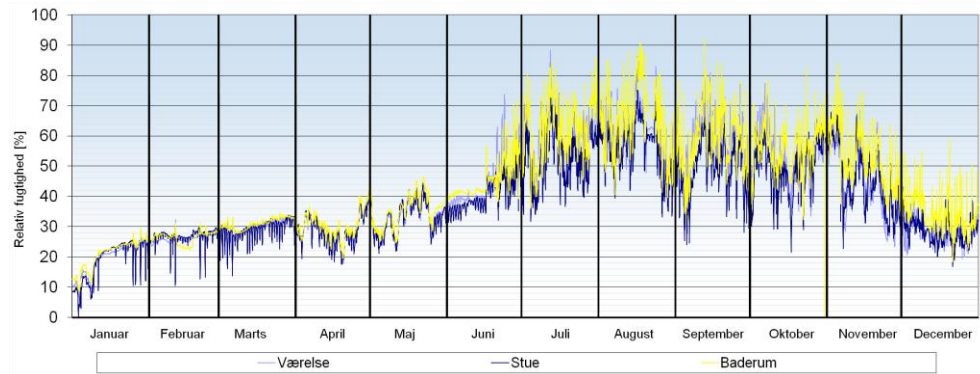


Figur 5.41 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2009.

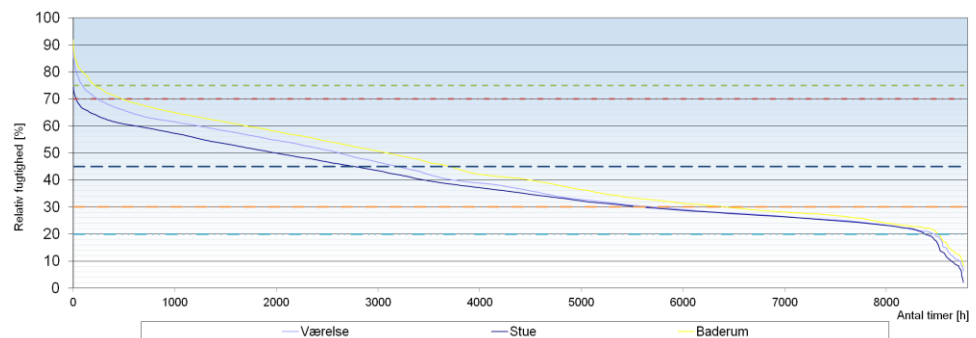


Figur 5.42 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2009.

2010

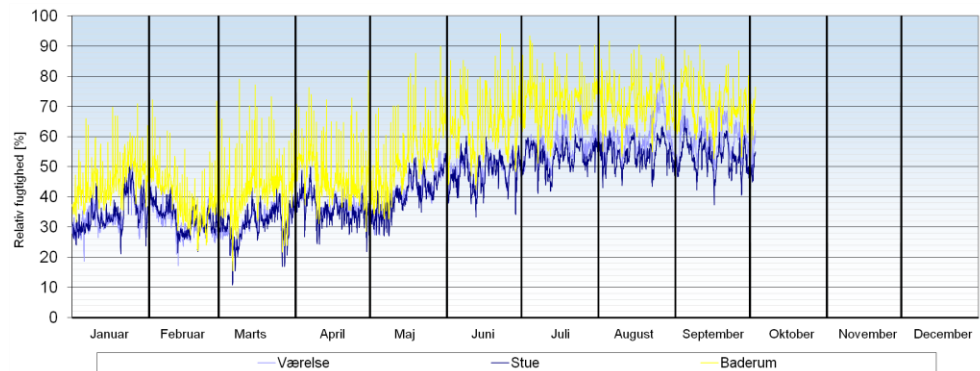


Figur 5.43 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2010.

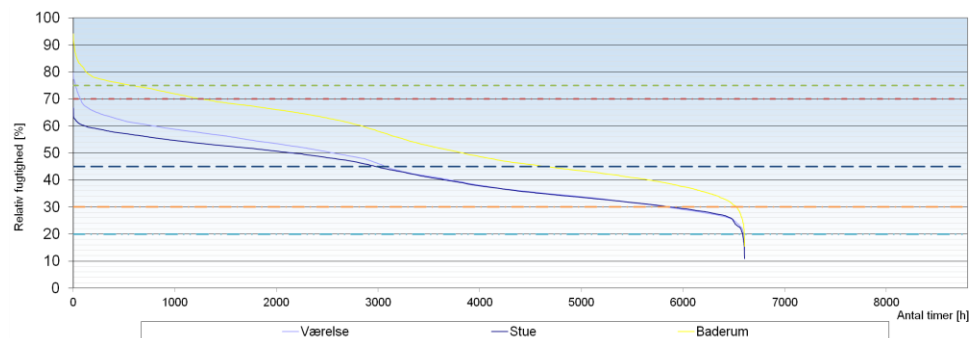


Figur 5.44 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.45 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2011.



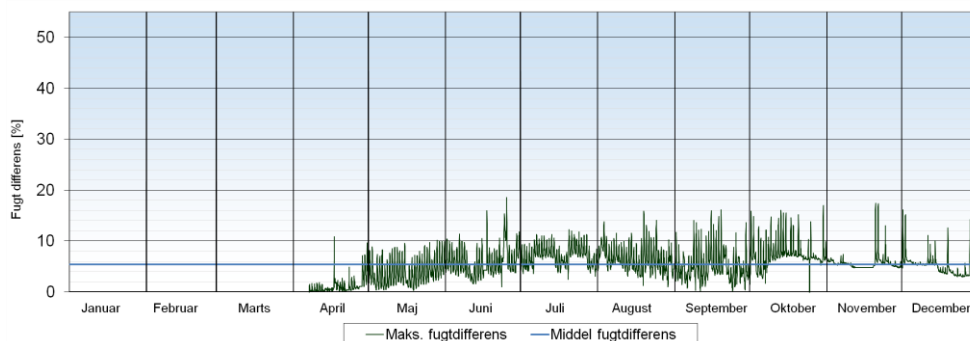
Figur 5.46 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af figurerne, at der er et stort spænd i de målte værdier i løbet af året. Det er altid badeværelset der har den højeste RF, hvorimod stuen ligger på et pænt niveau året rundt.

5.5.6 Relativ luftfugtighedsforskel imellem rum

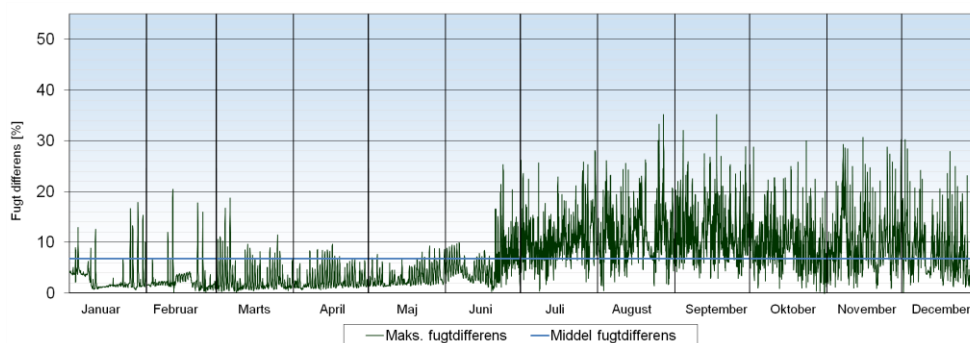
Følgende grafer viser forskellen i RF mellem rummet med den højeste og laveste værdi.

2009



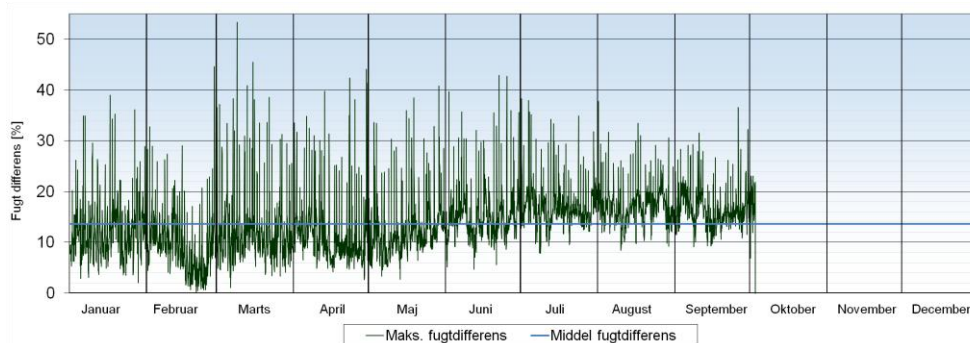
Figur 5.47 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel i mellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.48 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel i mellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.49 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel i mellem rummene for 2011.

Det fremgår af ovenstående figurer, at bundlinien for forskellen er næsten konstant. De store afvigelser der fremgår som korte lodrette linier opstår når der bades.

5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklime – fugt

Ud fra analyserne i afsnit 0 samt resultaterne i "Bilag D – Atmosfærisk indeklime (fugt)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august

- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

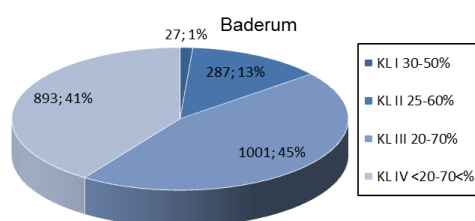
5.6.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

Forårssituation

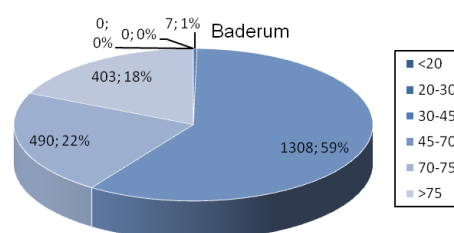
Huset har kun været beboet foråret 2011, hvorfor det kun er denne periode der er vurderet. Her opnås kat. II i ca. 90% af tiden i værelse og stue. I badeværelset opnås kat. II i ca. 50% af tiden.

Sommersituation

Der er ingen problemer med den relative fugtighed i stue og værelse, hvor klasse II er opnået i 75-95% af tiden. I badeværelset opnås derimod kun kat. II 14% af tiden i 2011. Her ligger den relative luftfugtighed en stor del af tiden over 70%, jf Figur 5.50.



Figur 5.50: Timefordeling for RF for sommersituation i baderum i 2011.



Figur 5.51: Fordeling af målt RF for sommersituation i baderum i 2011.

Efterårssituation

Efterårssæsonen opnår kat. II i min 75% af tiden i stue og værelse. Dog afviger værelset i 2011, hvor det kun opnås kat. II i 57% af tiden. Samme efterår opnås kun kat. II i 4% af tiden i badeværelset.

Vintersituation

Der findes ikke et helt år med beboelse i januar, februar og december det samme år. Vurderingen af vinter er foretaget ud fra 2011, som kun indeholder data for januar og februar. I denne periode er der ikke problemer med RF, og kat. II opnås ca 98% af tiden.

5.6.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.2.

DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I badeværelset findes der store afvigelser sommer og efterår. I de øvrige rum findes de største afvigelser i samme periode, men i disse rum er de knap så markante. Desuden er der i stue og værelse også afvigelser over 25% af tiden i december. I sommer- og efterårsmånederne skyldes afvigelserne for høj RF og i december skyldes de for lav RF. Ved vurdering på årsbasis er alle værdier på nær 2011 i stuen langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

Perioder med RF<45%

Der opnås i alle år i alle rum mindst 1 måned med RF < 45%.

Tid med RF>75%

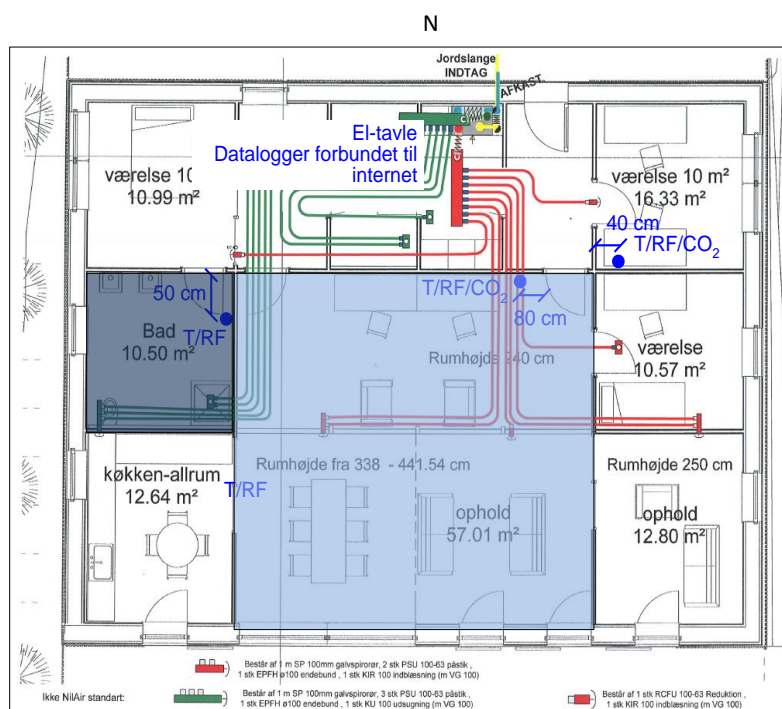
Af ovenstående og nedenstående tabel fremgår det, at baderum flere gange opnår perioder med RF > 75%. Også værelset har enkelte perioder.

Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes flere perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes. De største afvigelser findes i værelset samt badeværelset.

5.6.3 Kritiske rum

I det følgende vurderes de kritiske rum i boligen i forhold til RF. Vurderingen er ikke foretaget for 2009, da huset ikke var beboet dette år.



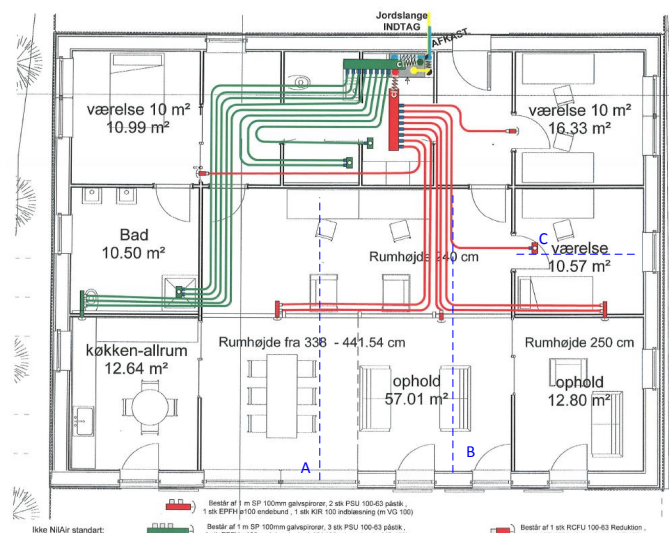
5.52 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2010 og 2011.

Ovenstående figur følger godt konklusionerne i de foregående afsnit hvor det fremgår, at der er meget høj RF på badeværelset en stor del af året.

5.7 Dagslysforhold

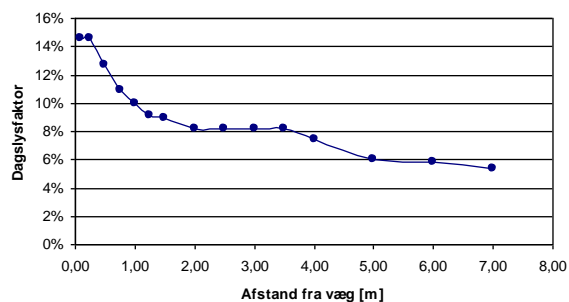
Registrering af dagslysfaktorer i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

Ved målingerne blev der målt dagslysfaktorer tre forskellige steder i stuen. Positionen af målingerne ses i Figur 5.53.

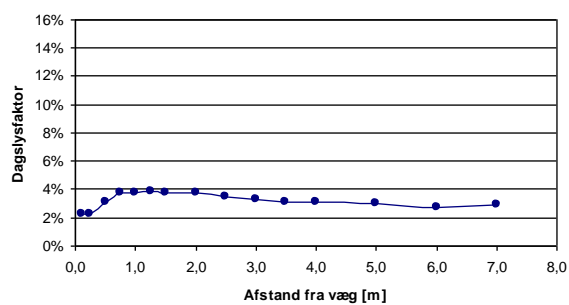


Figur 5.53. Positioner for måling af dagslysfaktorer ind gennem stuen.

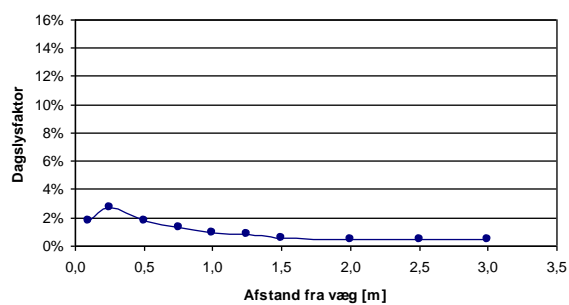
Resultaterne for målinger ses i Figur 5.54 til Figur 5.56.



Figur 5.54. Dagslysfaktor for position A i stue.



Figur 5.55. Dagslysfaktor for position B i stue.



Figur 5.56. Dagslysfaktor for position C i værelse.

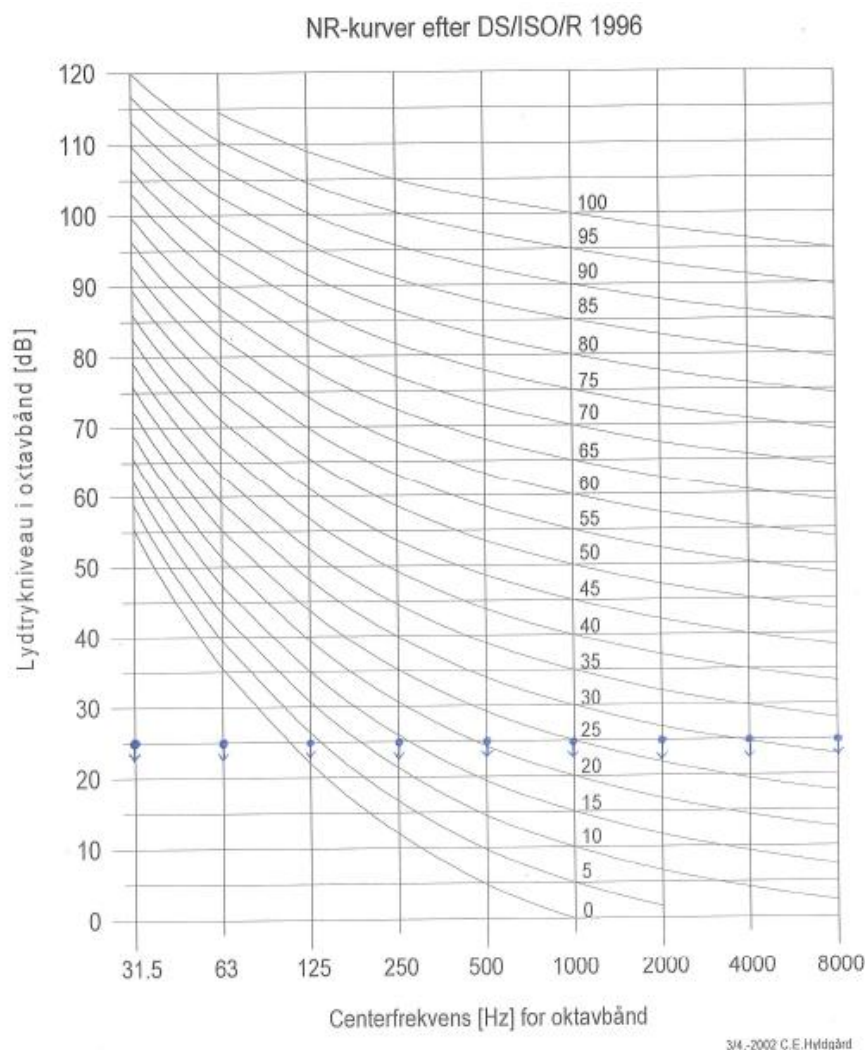
Som det ses af målingerne for dagslysfaktorer i stuen, er kravet på 2% ved bagvæggen af rummet opfyldt for målingerne i stuen, men i værelset mod øst opnås der meget lave værdier.

5.8 Akustisk indeklima

Måling af støj og efterklangstider i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

5.8.1 Støj fra tekniske installationer

Støjmålingerne er gennemført i stuen. Resultatet af støjmålingerne er indtastet i NR-diagrammet i Figur 5.57.



Figur 5.57. Målinger af støj fra tekniske installationer.

Som det ses af måleresultaterne i Figur 5.57 ligger alle målingerne under 25 dB, som er kravet til lydklasse B. Herved er minimum lydklasse B opnået. Den præcise værdi er ikke angivet, da måleinstrumentet ikke kan registrere længere ned end 25 dB.

5.8.2 Efterklangstid

Målingerne af efterklangstider er målt i stuen (i tomt rum). Resultatet af målingerne af efterklangstid ses i Tabel 5.24.

Oktavbånd	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Efterklangstid [s]	1,0	1,6	1,6	1,6	1,5	1,2	0,9

Tabel 5.24. Måling af efterklangstider ved forskellige frekvenser.

Som det ses af målingerne på efterklangstider, er kravet til dette ikke umiddelbart overholdt for alle oktavbånd. Da efterklangstid skal måles i et møbleret rum, vil dette dog kunne ændre sig ved gentagelse af målingerne efter møblering.

6. Energiforbrug

I dette kapitel vurderes husets energiforbrug. Da huset ikke har været beboet et sammenhængende år med brugbare data, er det valgt at generere et kunstigt år. Året er sammensat af forskellige måneder udplukket i løbet af måleperioden. Der genereres for de samme måneder et kunstigt år med vejrdato til PHPP, som indsættes i huset PHPP beregning, hvorved der opnås mulighed for at sammenligne de målte og de beregnede værdier for hhv energiforbrug og overtemperatur-vurdering. Vejrdatasæt brugt i PHPP forefindes i "Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP".

Vurderingerne for energiforbrug er foretaget ud fra det kunstige år vist i Tabel 6.1.

jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	jun-11	jul-11	aug-11	sep-11	okt-10	nov-10	dec-10
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 6.1: Måneder brugt til analyse af husets energiforbrug.

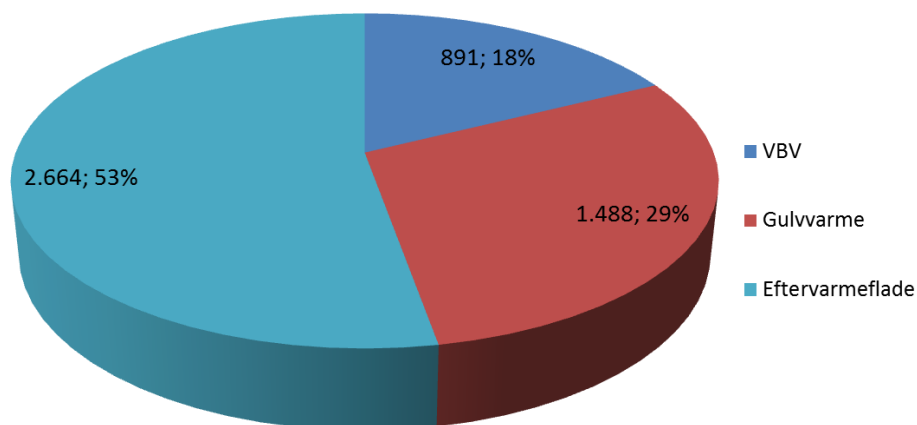
6.1 Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand

Tabel 6.2 viser husets samlede forbrug til rumvarme og varmt brugsvand fundet for månederne i det kunstige år.

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
VBV	82	95	108	108	95	64	50	46	57	59	53	74	891
Gulvvarme	216	231	65	48	44	22	15	17	24	253	255	298	1.488
Eftervarmeblade	500	467	423	166	22	17	12	7	6	140	355	549	2.664
Total rumopv.	716	698	488	214	66	39	27	24	30	393	610	847	4.152

Tabel 6.2: Målte energiforbrug. Alle værdier er opgivet i kWh.

Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.1.



Figur 6.1. Fordeling af energiforbrug.

6.2 Energiforbrug til rumopvarmning

Ud fra forrige afsnit kan energiforbruget til rumvarme bestemmes. Det er dette forbrug der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det er væsentligt at huske, at de målte data ikke er vejrdato-korrigerede. En direkte sammenligning kan derfor ikke foretages. Der skal, forinden dette foretages, laves en PHPP-beregning med de målte vejrdato svarende til det kunstige år. Dette sker ligeledes i afsnit 6.4. Tabel 6.3 viser forbruget over året samt det samlede forbrug til rumopvarmning.

Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Forbrug [kWh]	716	698	488	214	66	39	27	24	30	393	610	847	4152
Forbrug [kWh/m ²]	4,7	4,6	3,2	1,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	2,6	4,0	5,6	27,3

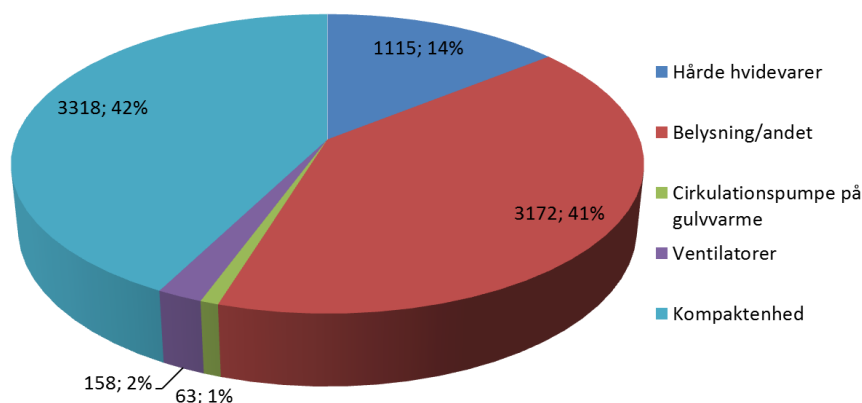
Tabel 6.3: Målt forbrug til rumopvarmning.

6.3 Energiforbrug til el

Tabel 6.4 viser husets samlede forbrug til el genereret ud fra det kunstige år. Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.2. Det er dette forbrug, der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det totale el-forbrug vægtes med en primær energifaktor på 2,7 svarende til værdien brugt i PHPP.

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Hårde hvidevarer	92	84	101	96	109	86	94	86	93	95	85	93	1115
Belysning/andet	323	284	293	261	271	240	234	239	257	266	240	262	3172
Cirk. pumpe gulvvarme	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6	6	63
Ventilatorer	12	11	16	15	14	14	15	15	14	6	10	16	158
Kompaktenhed	458	469	409	251	172	117	104	113	151	192	357	527	3318
Total el forbrug	891	854	825	628	571	462	452	459	520	564	697	904	7826
Total el forbrug [kWh/m ²]	6	6	5	4	4	3	3	3	3	4	5	6	51

Tabel 6.4: Målte elforbrug i Stenagervænget 39. Alle værdier er opgivet i kWh.



Figur 6.2: Fordeling af elforbrug.

6.4 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om huset overholder passivhus-kriterierne vil de målte data fra det kunstige år i det følgende blive sammenlignet med et beregnet forbrug. Det beregnede forbrug er fundet ud fra de aktuelle målte vejrdato i perioden, som er indsat i PHPP. Heraf fås nye og mere reelle værdier til sammenligning. Værdierne svarer til de 15 kWh/m² pr år til rumvarme og 120 kWh/m² pr år i primær energi i standardåret, der normalt benyttes i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7. De beregnede og målte værdier findes i Tabel 6.5.

		Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov	[kWh/m ² pr år]	15	23	27,3
Primært Energibehov	[kWh/m ² pr år]	119	133	138

Tabel 6.5: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Det fremgår af ovenstående tabel, at passivhuskriteriet ikke umiddelbart er overholdt i huset. Dog er kriteriet fastlagt ud fra en række forudsætninger hvoraf en af forudsætningerne hedder en rumtemperatur på 20°C. I stenagervænget 39 har rumtemperaturen i opvarmningssæsonen langt fra været 20°C. Dette fremgår af Tabel 6.6.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Værelse	23,8	24,3	23,1	23,2	22,8	23,5	22,5	22,3	21,6	23,3	22,4	22,7
Stue	24,1	24,0	23,4	23,3	22,9	23,3	23,4	23,8	23,2	24,1	23,4	22,9
Baderum	23,3	23,8	21,8	22,1	22,2	22,5	22,6	22,8	22,3	23,1	23,1	22,3

Tabel 6.6: Gennemsnitstemperaturer for månederne i det kunstige år.

Ud fra temperaturerne i Tabel 6.6 beregnes en middeltemperatur for opvarmningssæsonen til 23,0°C, hvilket ligger langt fra de forudsatte 20°C i PHPP-beregningen. Gentages beregningen med 23,0°C i stedet for 20°C findes frem til resultatet i Tabel 6.7.

	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år + rumtemp. på 23,0°C	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov [kWh/m ² pr år]	15	23	31	27,3
Primært Energibehov [kWh/m ² pr år]	119	133	-	138

Tabel 6.7: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Efter sidstnævnte korrektion ses, at PHI-kravet til rumvarmebehovet er overholdt. Desuden ses det, at afvigelsen fra PHPP-beregningen fra det forventede energiforbrug i høj grad skyldes brugeradfærden og den forhøjede rumtemperatur, som dermed har stor betydning for husets energiforbrug. Det vurderes også, at kravet til det primære energibehov er overholdt.

Det tredje passivhus kriterium er kravet til tæthed. Ved opførelse og dimensionering af passivhuse, bliver der i høj grad lagt fokus på såvel varmetab igennem konstruktionen som tætheden af klimaskærmen. Tætheden af boligen er kontrolleret ved blowerdoor test af hvert konsortium. Resultatet af blowerdoor testen kan ses i Tabel 6.8 sammen med Passivhuskriterierne og kravet fra bygningsreglementet 2008.

Lufttæthed		Krav	Målt værdi
PHI	$[h^{-1}]$ v. $\Delta P = 50 \text{ Pa}$	0,6	0,40
BR08	$[l/s \text{ pr } m^2]$ v. $\Delta P = 50 \text{ Pa}$	1,5	0,21

Tabel 6.8. Blowerdoor testresultat og krav fra PHI samt bygningsreglementet 2008.

Det kan ses fra blowerdoor-testresultatet at passivhus kriteriet på $0,60 \text{ h}^{-1}$ er overholdt. Kravet til passivhuse er højere end kravet fra bygningsreglementet 2008, som i dette tilfælde er over 600% større end den målte infiltration.

6.5 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur

Det anbefales af PHI at der maks. 10% af tiden er temperaturer over 25°C . Ved brug af vejrdatasættet for det kunstige år, kan dette tal også beregnes i PHPP for det kunstige år og dermed direkte sammenlignes med målingerne. Denne sammenligning er foretaget i Tabel 6.9.

	Forventet tid med overtemperatur beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet tid med overtemperatur beregnet med kunstigt år	Målt ud fra værdier i kunstigt år (middel for alle rum)
Overtemperatur [%]	0	0	4

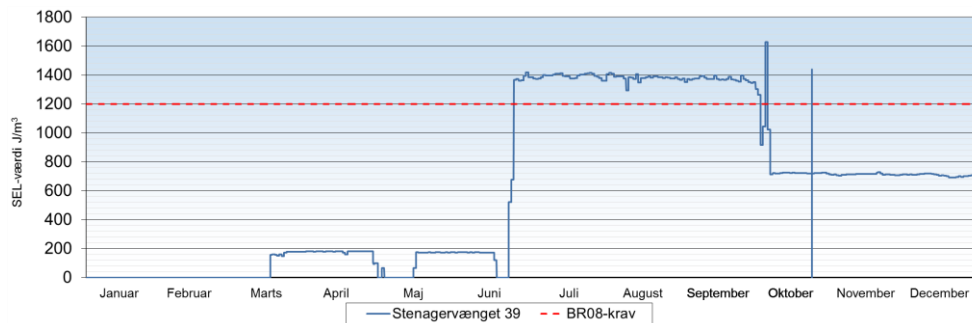
Tabel 6.9: Kontrol af passivhus-anbefaling om maks 10% tid med overtemperatur.

Det ses af ovenstående tabel, at huset også opfylder anbefalingen om overtemperatur i maks 10% af tiden. De 4% er fundet som en middelværdi for alle rum. I stuen var afvigelsen på 8%, hvilket ikke er tilfredsstillende.

7. Installationer

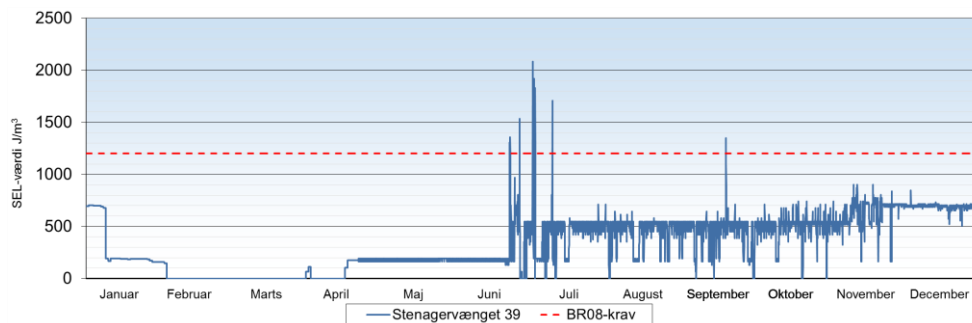
Der er i huset vurderet hvorledes SEL-værdien for anlægget har været gennem måleperioden. Nedenstående figurer viser den målte SEL-værdi sammen med BR08-kravet. Her fremgår det, at anlægget i størstedelen af tiden ligger under BR08-kravet, men at der i 2009 er kørt på et trin, som ikke overholder BR08-kravet.

2009



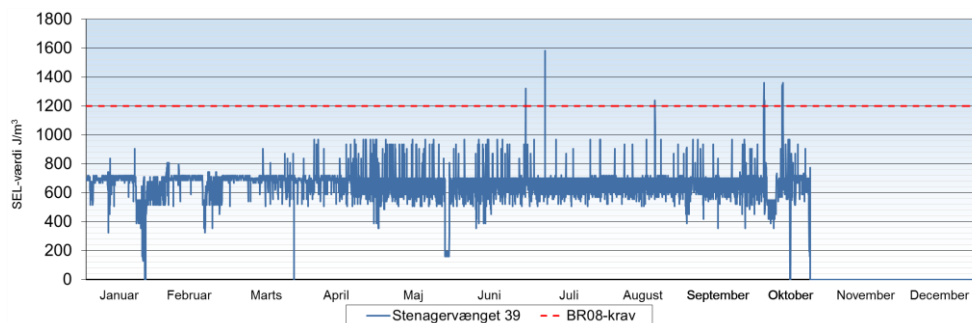
7.1: SEL-værdier 2009.

2010



7.2: SEL-værdier 2010.

2011



7.3: SEL-værdier 2011.

Vurdering af varmevekslerens effektivitet fremgår af projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

8. Kildeliste

- [BR08] *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [DS490] DS 490, Lysklassifikation af boliger, Dansk standard, 2007
- [Koch et all.] *Fugt i boligen*, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Hyldgård] *Støjfri ventilationsanlæg*, Carl Erik Hyldgård, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Indeklima og Energi, DCE Lecture Notes No. 15, 2007, ISSN 1901-7286
- [Larsen] *Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri*, Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 65 s. (DCE Contract Reports; 100)
- [PHPP2007] *Passive House Planning Package, Technical information PHI 2007/1, Requirements for Quality Approved Passive Houses*, Wolfgang Feist, Rainer Pfluger m.fl, 2007
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI217] *SBI-anvisning 217, Udførelse af bygningsakustiske målinger*, Dan Hoffmeyer
Henrik S. Olesen & Birgit Rasmussen, Statens byggeforskningsinstitut, 2008
- [SBI219] *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*, Kjeld Johnsen & Jens Christoffersen, Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [DS/EN 15251] *DS/EN 15251, Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*, Dansk standard, 2007.

9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering

Nedenstående afsnit er den vurderingsmetode der i projektets start i 2008 blev opstillet til vurdering af indeklimate. Afsnittet er IKKE brugt i nærværende rapport, men vedlægges blot til orientering.

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklimate ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimate". Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori B som minimum være opfyldt. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 9.1 og 9.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 9.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklimate tager udgangspunkt i DS490, Lydklassifikation af boliger og gennemgås i afsnit 9.4.

9.1 Termisk indeklimate

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklimate, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 9.1 temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

Tabel 9.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]

Som det ses i Tabel 9.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

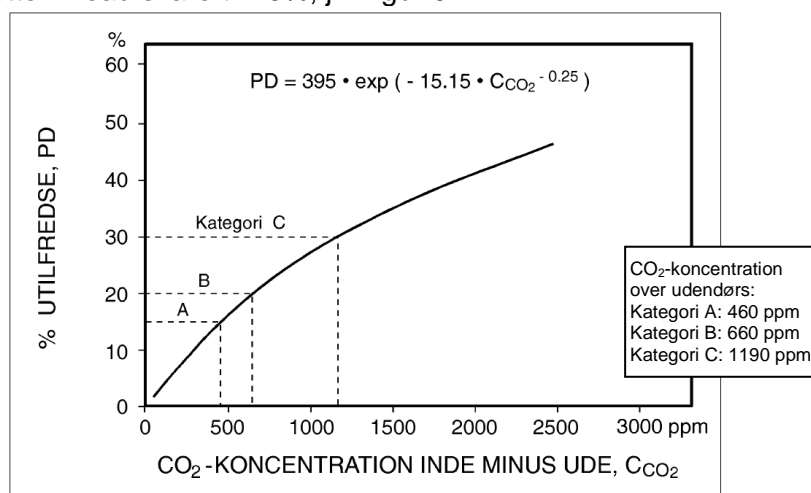
9.2 Atmosfærisk indeklimate

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklimate er, at antallet af utilfredse reduceres når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

9.2.1 Vurdering af CO₂-niveau

Ved vurdering af CO₂-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO₂-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO₂-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm

for at opfylde kategori B. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 9.1.



Figur 9.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO₂-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]

9.2.2 Vurdering af relativ luftfugtighed

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.



Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.

9.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt".

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	(6.5.1, STK. 1) Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet. Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	(6.5.2, STK. 1) I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en dagslysfaktor på 2% også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås hele vejen ind gennem rummet og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

9.4 Akustisk indeklima

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklima* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	(6.4.2, STK. 1 - STK. 4) Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning. Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange. Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

Lydkrav

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

4.2

Lydklasse B

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

4.3

Lydklasse C

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

9.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område, $L_{pA,LF}$, ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 9.2.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 9.2. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

9.4.2 Krav til efterklangstider

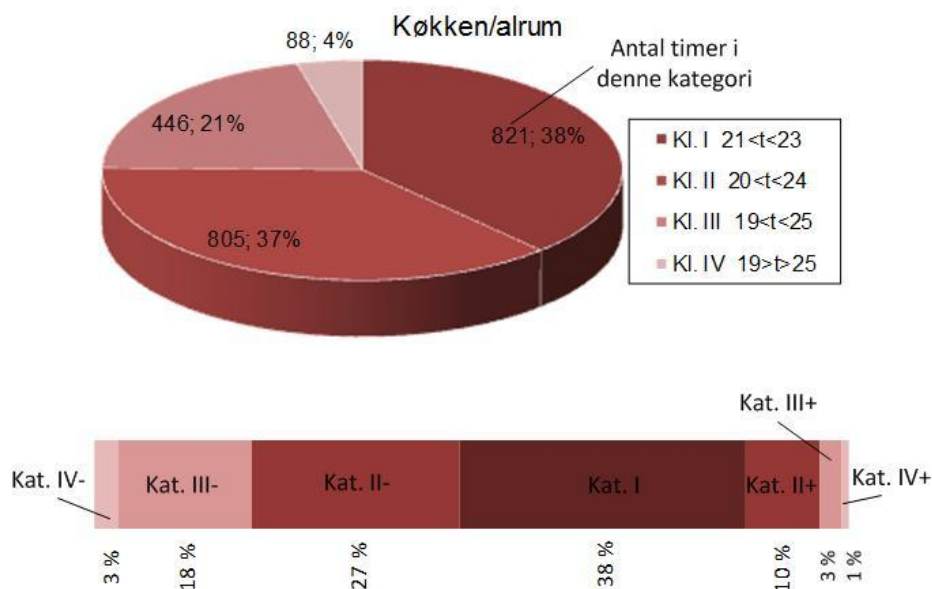
Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 9.3. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A T_{is}	Klasse B T_{is}	Klasse C T_{is}	Klasse D T_{is}
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 9.3. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

10. Bilag B – Termisk indeklima

Dette bilag indeholder diagrammer for temperaturfordelingen i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. For overskuelighedens skyld er enkelte signaturer i graferne udeladt. Opbygningen af grafer og diagrammer fremgår af eksemplet i Figur 10.1.



Figur 10.1: Signaturforklaring til diagrammer

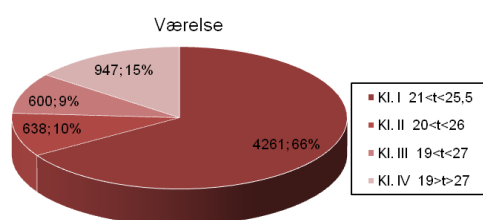
Det øverste diagram angiver fordelingen af henholdsvis timer og % på kategori I, II og III. Kategori IV angiver tid udenfor de øvrige kategorier. Når det i projektet angives, at kategori II skal overholdes omfatter tid i kategori II både andelen af timer i andelen kaldet kategori II og kategori I.

Det nederste diagram angiver hvorvidt rummet ligger i den lave eller høje ende af skalaen. Kat II- angiver fx hvor stor en del af tiden, at temperaturen ligger mellem 20°C og 21°C – dvs forskellen fra den nederste grænse i kategori I til den nederste grænse i kategori II. På tilsvarende måde angiver kategori II+ tiden, der ligger mellem 23°C og 24°C.

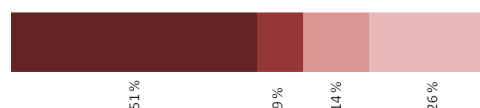
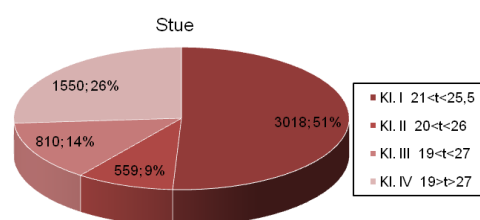
10.1 Generel situation hele året

Ved vurdering af temperaturer på årsniveau er komfortskalaen for både sommer og vintersituation slået sammen således, at kategori II i denne vurdering omfatter alle temperaturer mellem 20°C og 26°C.

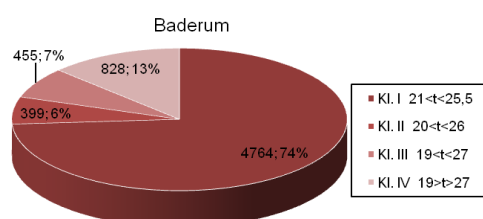
2009



Figur 10.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

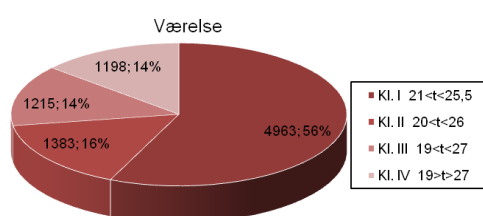


Figur 10.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

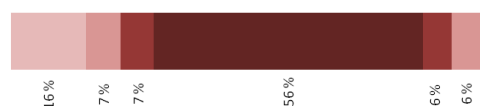
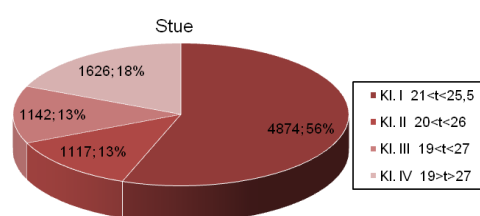


Figur 10.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

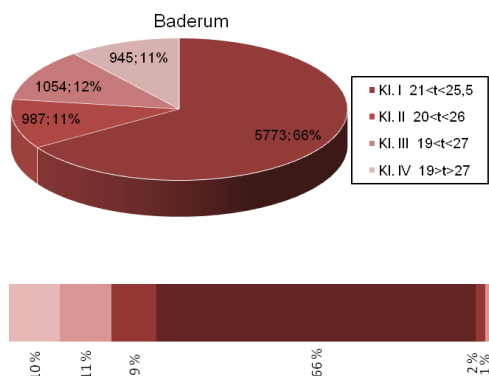
2010



Figur 10.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

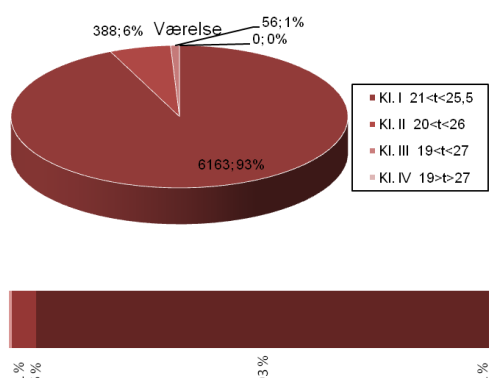


Figur 10.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

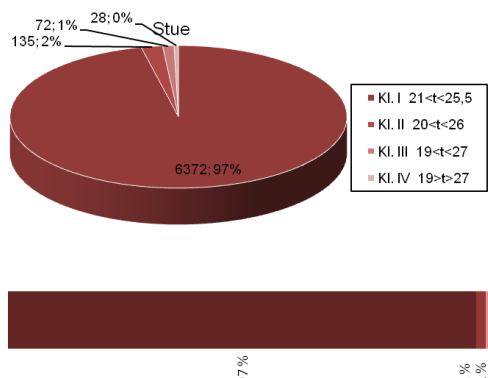


Figur 10.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

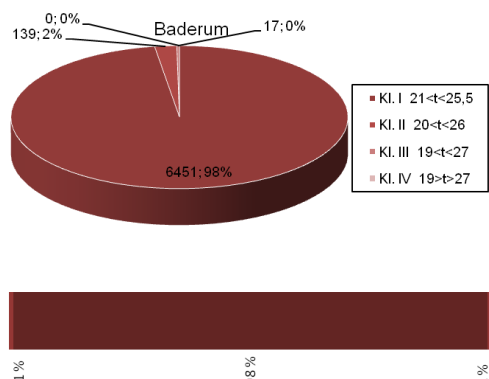
2011



Figur 10.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 10.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

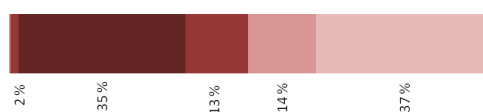
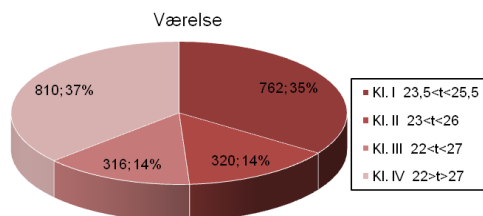


Figur 10.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

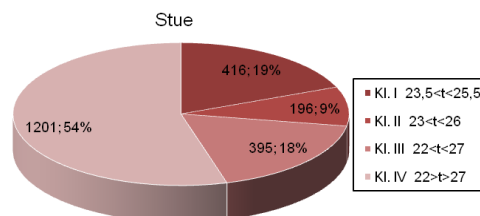
10.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned. Sommerbeklædning er altid benyttet ved vurderingen af det termiske indeklima for denne årstid.

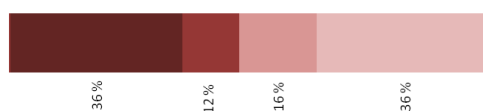
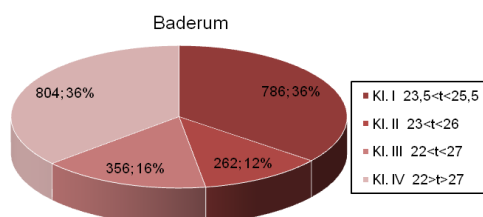
2009



Figur 10.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

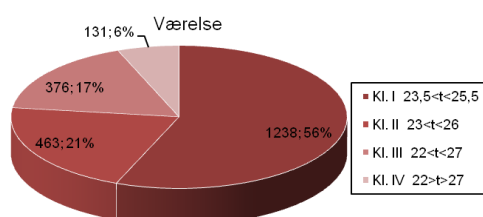


Figur 10.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

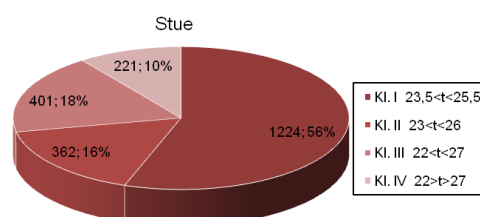


Figur 10.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

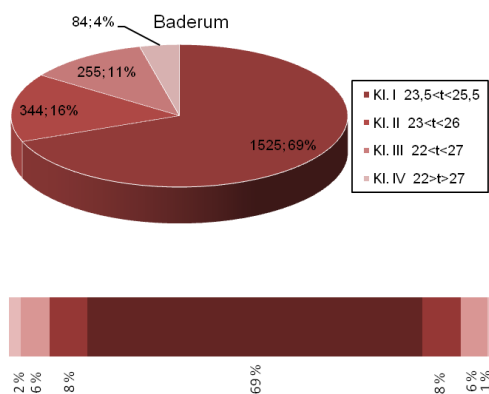
2010



Figur 10.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

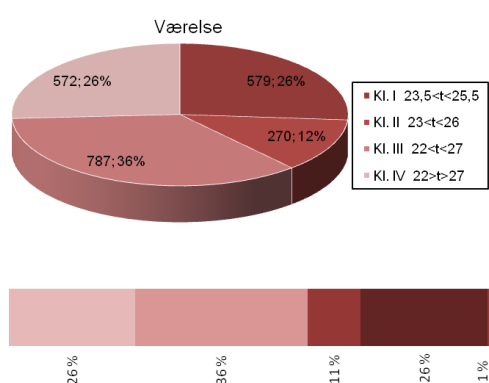


Figur 10.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

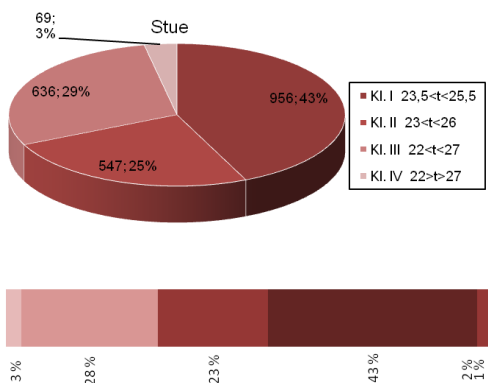


Figur 10.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

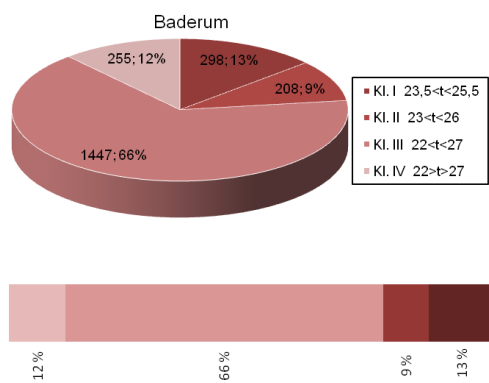
2011



Figur 10.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 10.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



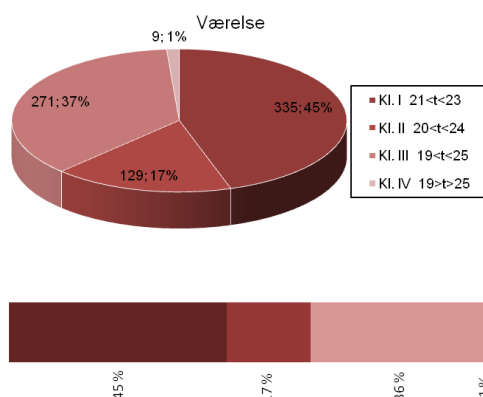
Figur 10.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.

10.3 Vintersituation

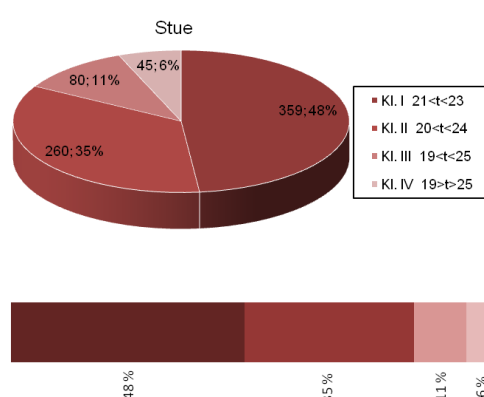
Vintersituationen er defineret som værende januar, februar og december. Til vurdering af den termiske komfort er vinterbeklædning altid benyttet til denne årstid.

2009

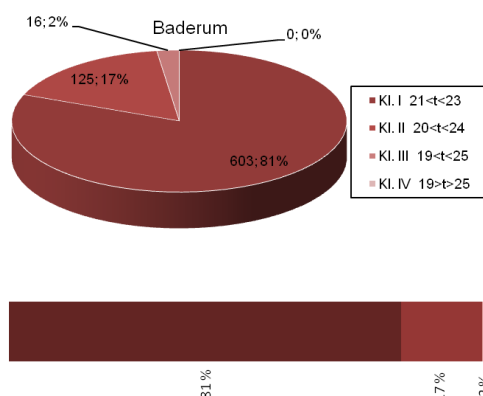
Da vintersituationen er defineret til at være januar, februar og december og der ikke er målinger fra januar og februar vil undersøgelsen af vinterscenariet for 2009 kun indeholde data fra december.



Figur 10.20: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



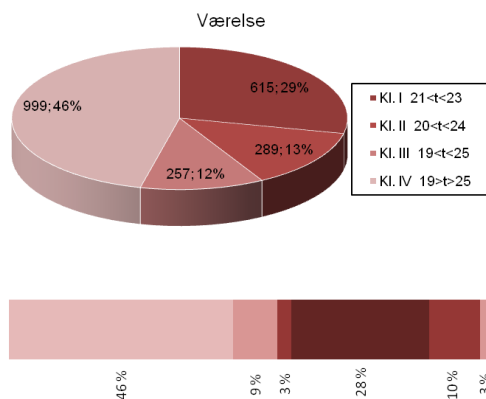
Figur 10.21: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



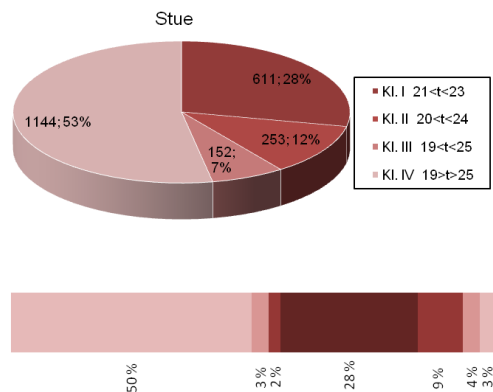
Figur 10.22: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

2010

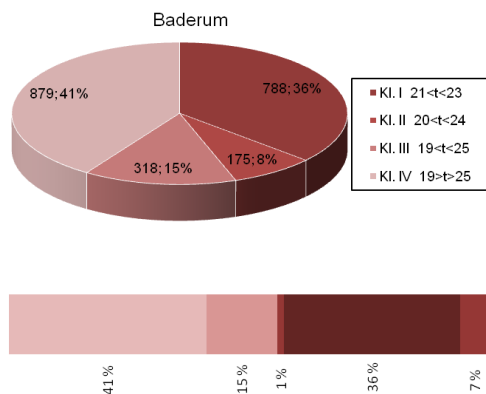
I 2010 har huset været beboet i alle vintermåneder. Resultatet af undersøgelsen kan ses på Figur 10.23, Figur 10.24 og Figur 10.25.



Figur 10.23: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

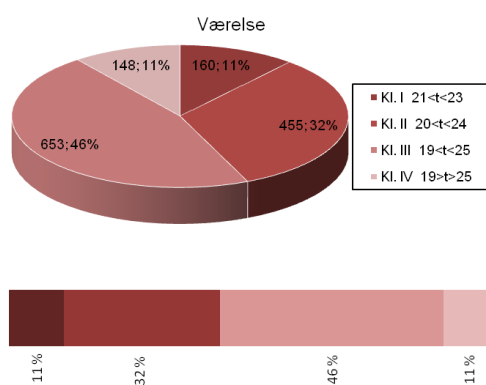


Figur 10.24: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

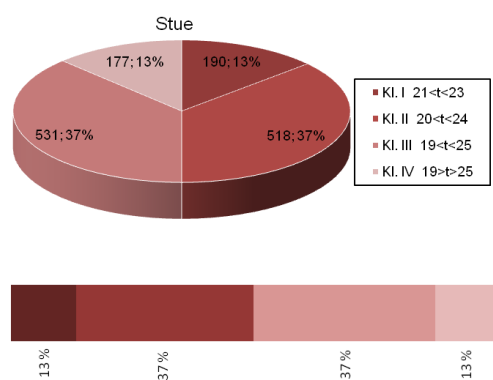


Figur 10.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

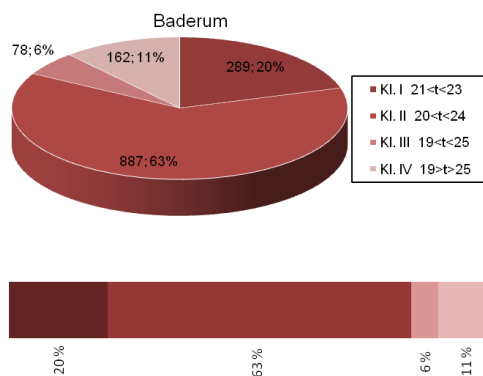
2011



Figur 10.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 10.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

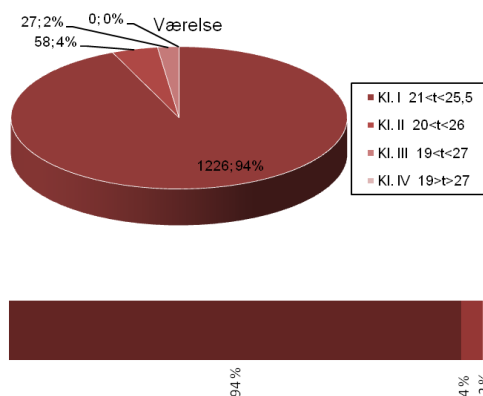


Figur 10.28: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

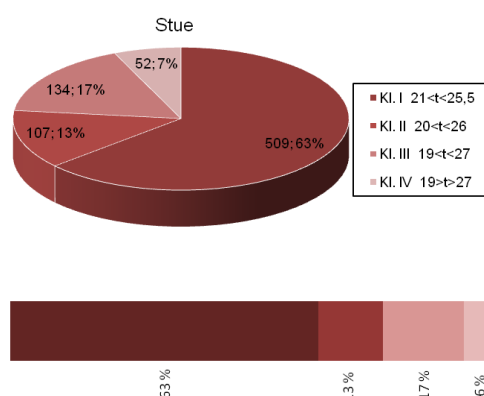
10.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

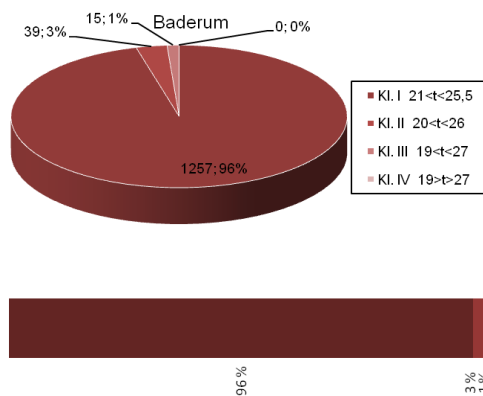
2009



Figur 10.29: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

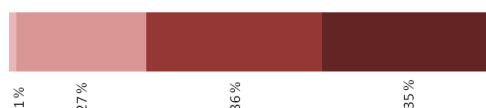
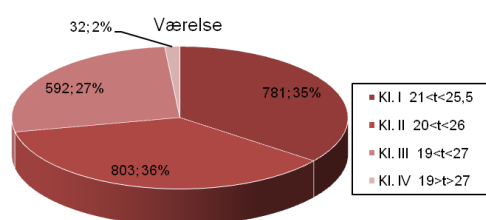


Figur 10.30: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

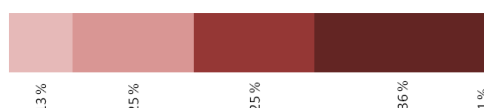
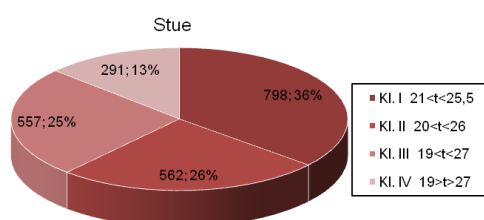


Figur 10.31: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

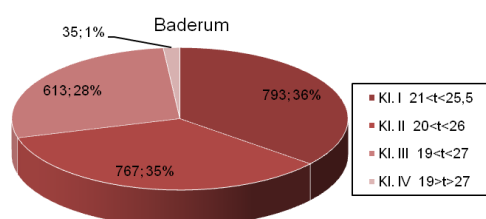
2010



Figur 10.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

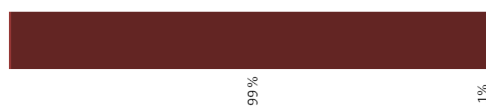
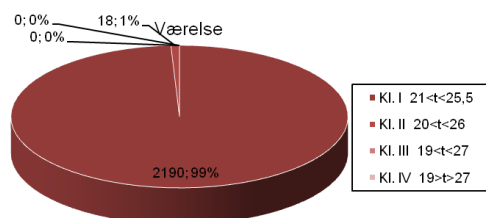


Figur 10.33: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

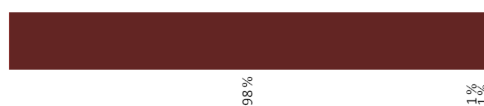
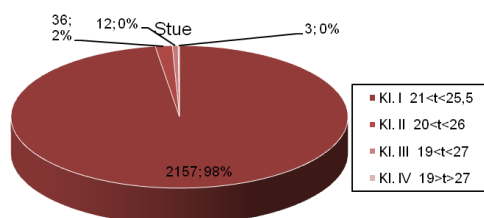


Figur 10.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

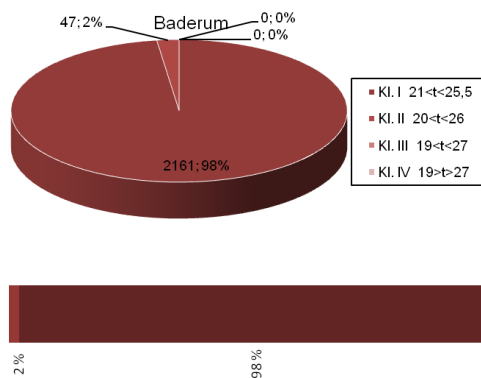
2011



Figur 10.35: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.36: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

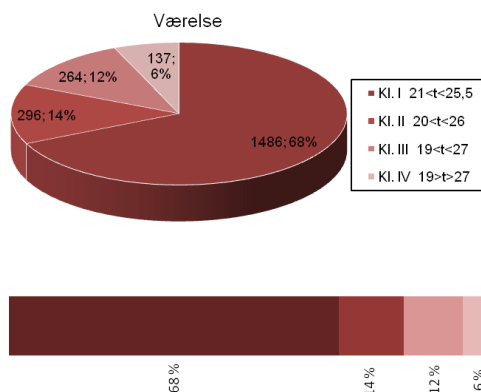


Figur 10.37: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

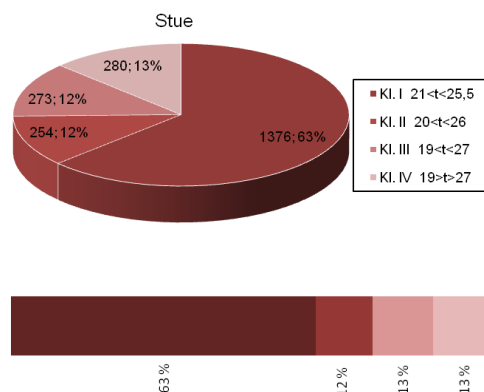
10.5 Efterårssituation

Denne periode er defineret som september, oktober og november. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

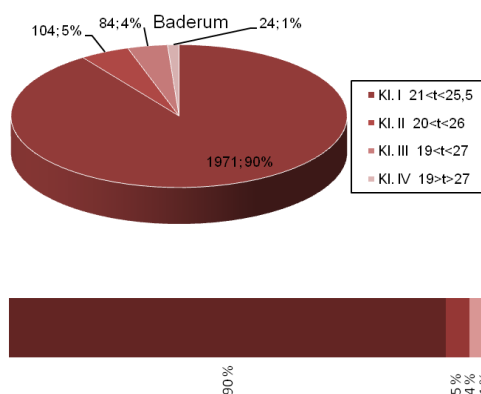
2009



Figur 10.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

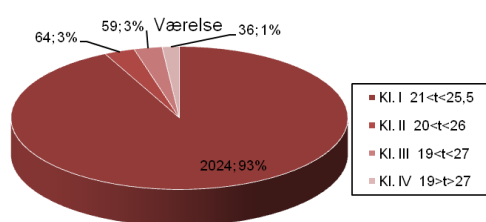


Figur 10.39: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

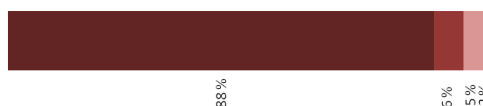
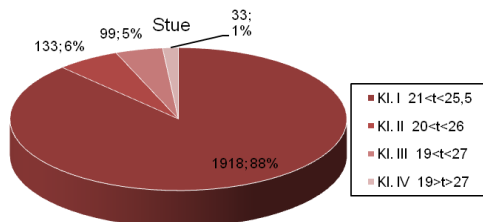


Figur 10.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

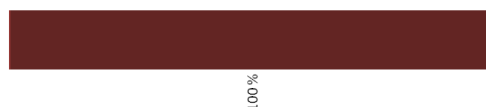
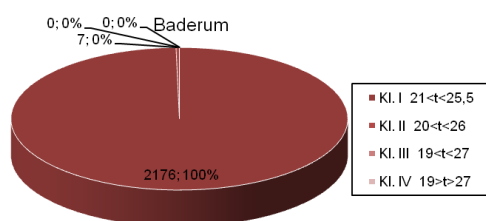
2010



Figur 10.41: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

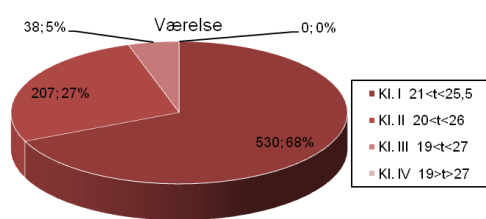


Figur 10.42: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

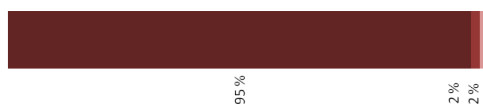
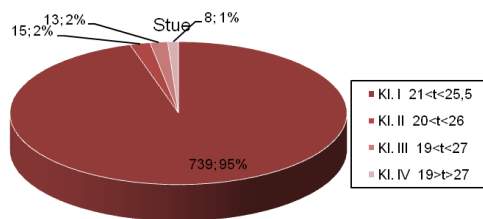


Figur 10.43: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

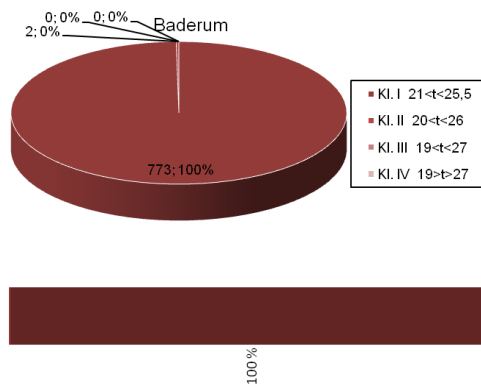
2011



Figur 10.44: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.45: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 10.46: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.

11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

Dette bilag indeholder diagrammer for CO₂-niveauet i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.1.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

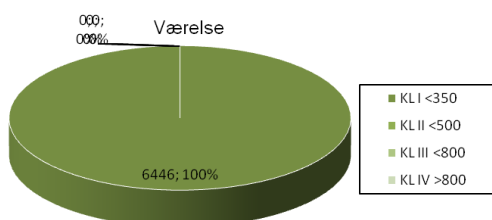
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

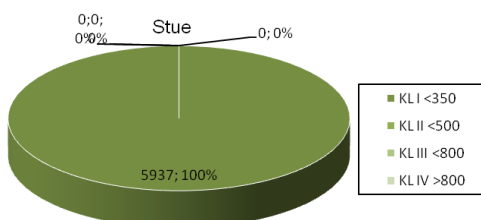
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

11.1.1 Generel situation hele året

2009

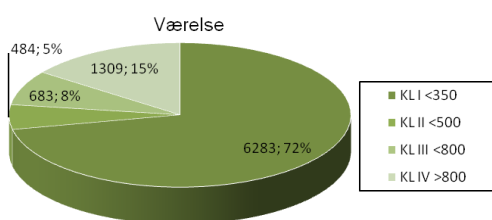


Figur 11.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

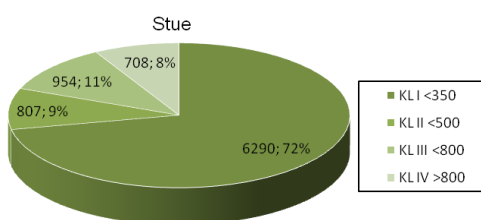


Figur 11.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

2010

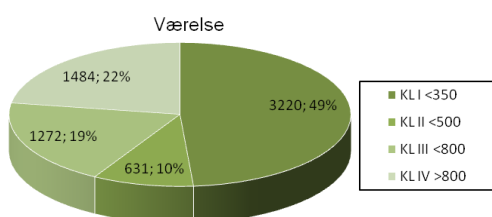


Figur 11.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

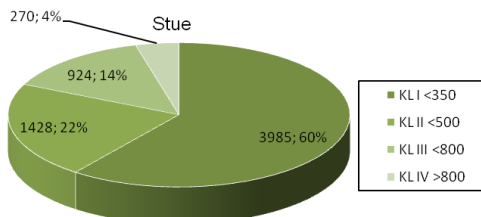


Figur 11.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

2011



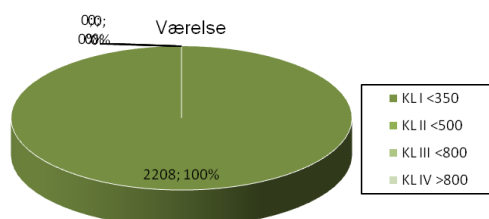
Figur 11.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



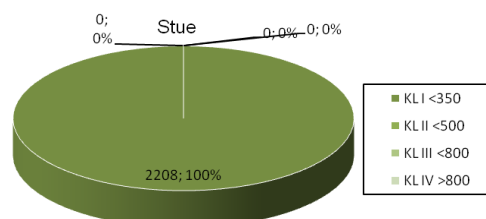
Figur 11.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.1.2 Sommersituation

2009

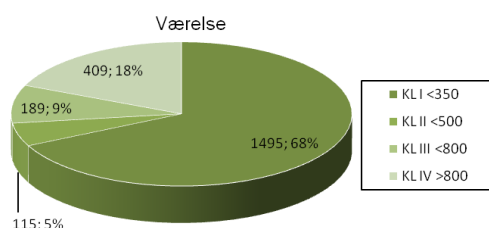


Figur 11.7: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

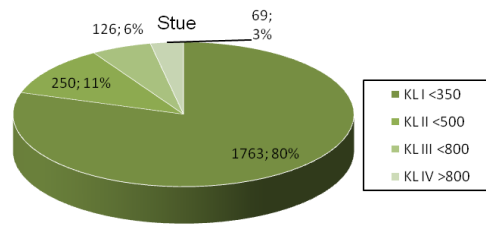


Figur 11.8: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

2010

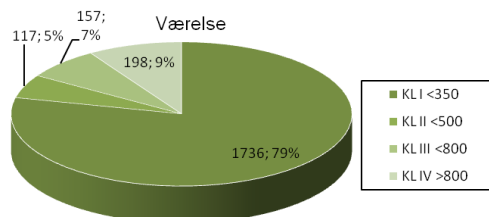


Figur 11.9: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

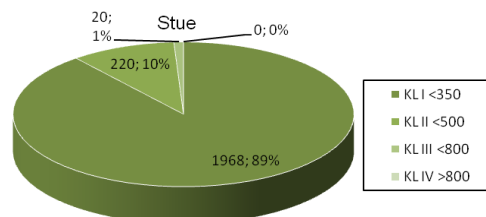


Figur 11.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

2011



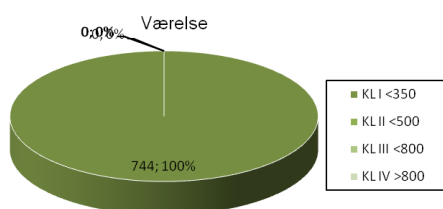
Figur 11.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



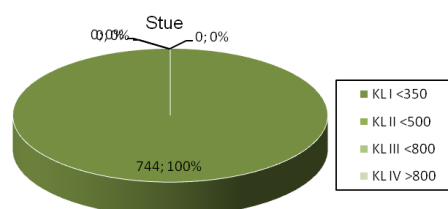
Figur 11.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

11.1.3 Vintersituation

2009

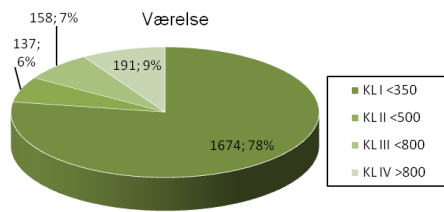


Figur 11.13: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

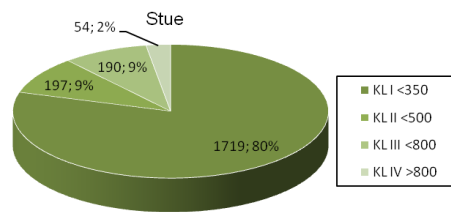


Figur 11.14: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

2010

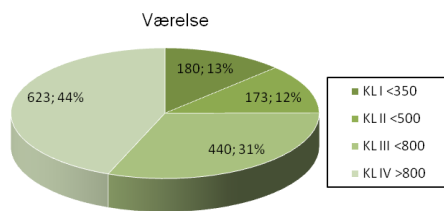


Figur 11.15: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

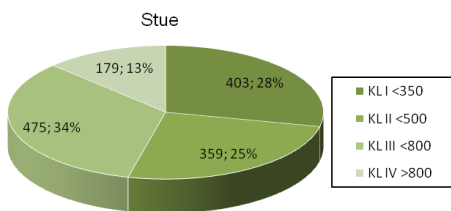


Figur 11.16: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

2011



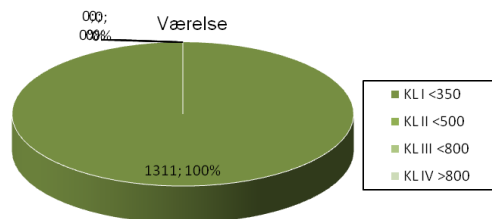
Figur 11.17: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



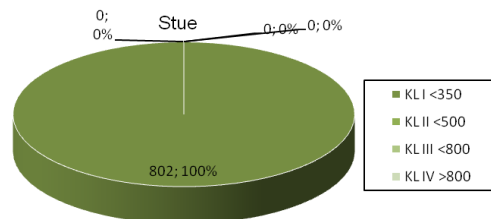
Figur 11.18: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

11.1.4 Forårssituation

2009

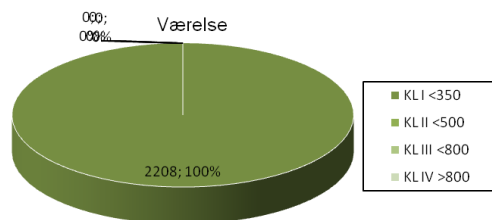


Figur 11.19: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

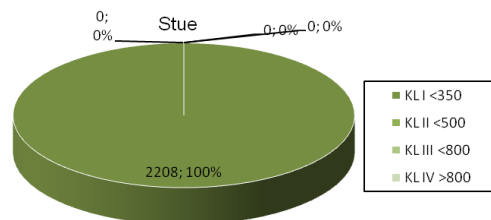


Figur 11.20: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

2010

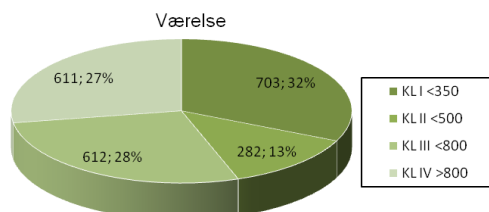


Figur 11.21: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

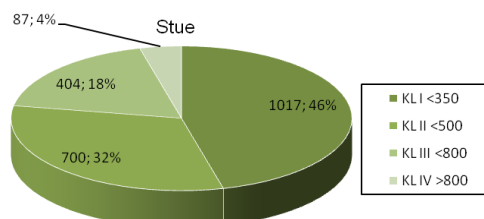


Figur 11.22: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

2011



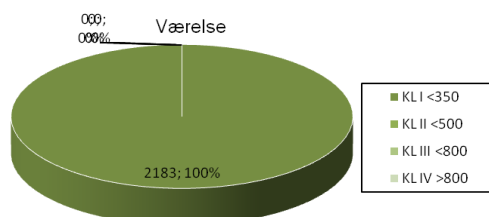
Figur 11.23: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



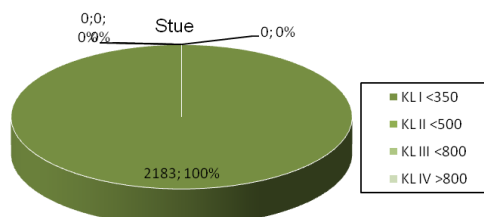
Figur 11.24: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

11.1.5 Efterårssituation

2009

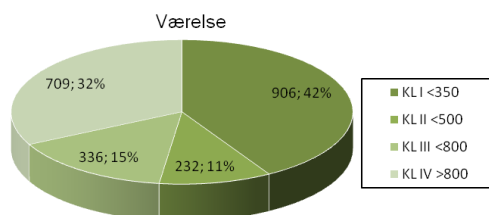


Figur 11.25: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

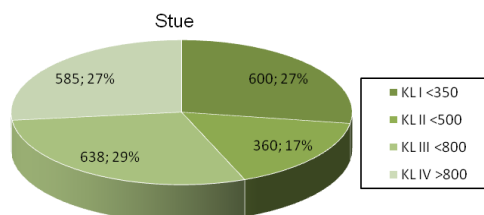


Figur 11.26: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

2010

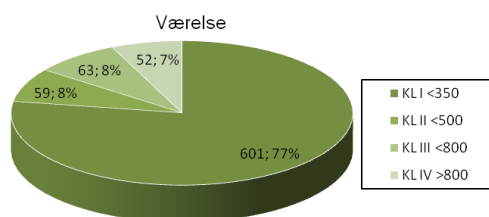


Figur 11.27: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

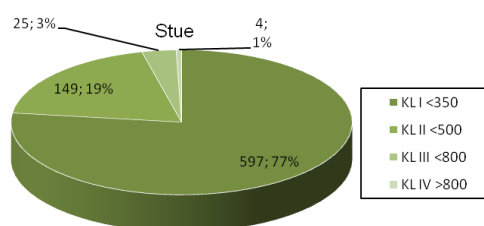


Figur 11.28: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

2011



Figur 11.29: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



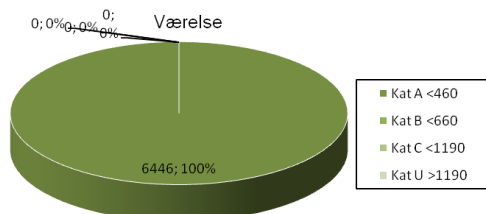
Figur 11.30: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

11.2 Cirkeldiagrammer CR1752

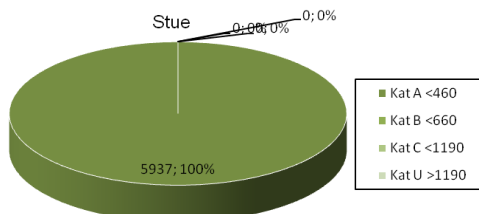
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

11.2.1 Generel situation hele året

2009

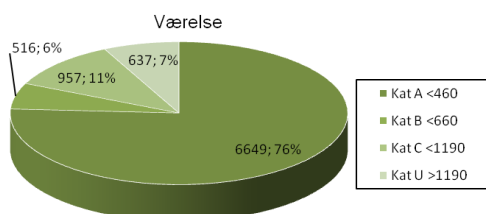


Figur 11.31: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

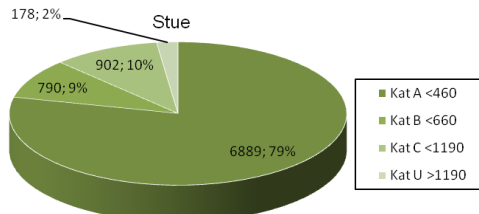


Figur 11.32: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

2010

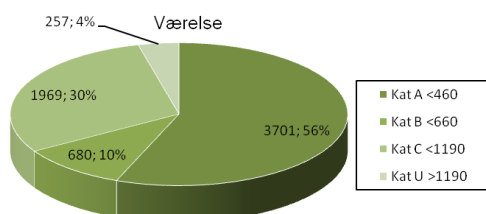


Figur 11.33: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

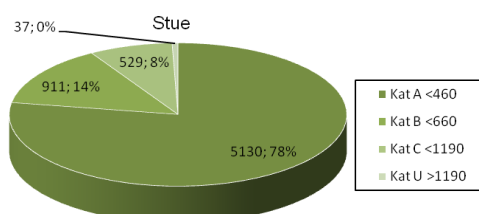


Figur 11.34: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

2011



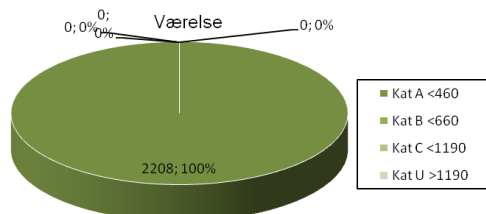
Figur 11.35: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



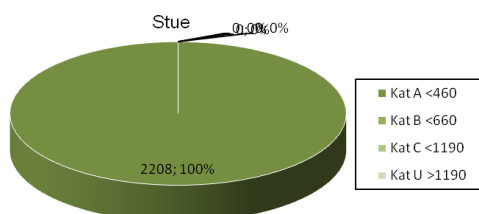
Figur 11.36: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.2.2 Sommersituation

2009

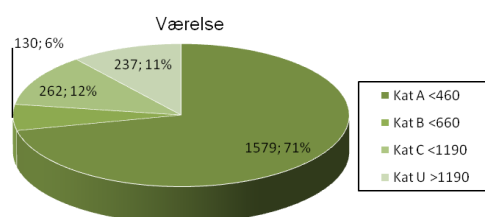


Figur 11.37: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

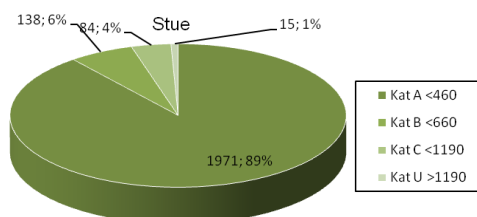


Figur 11.38: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

2010

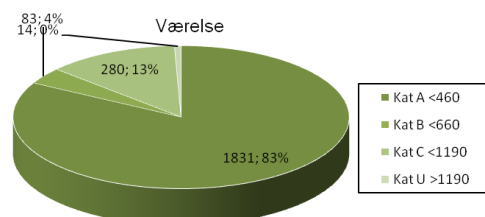


Figur 11.39: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

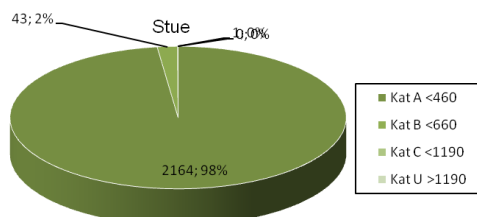


Figur 11.40: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

2011



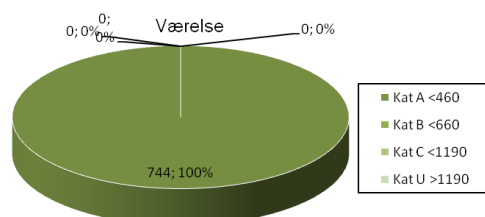
Figur 11.41: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



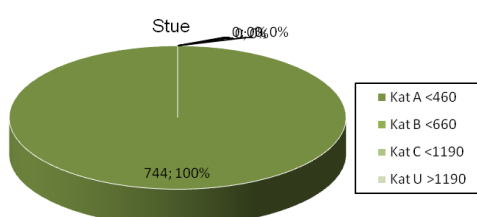
Figur 11.42: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

11.2.3 Vintersituation

2009

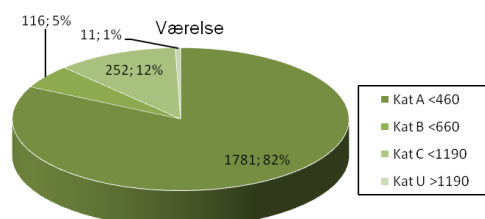


Figur 11.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

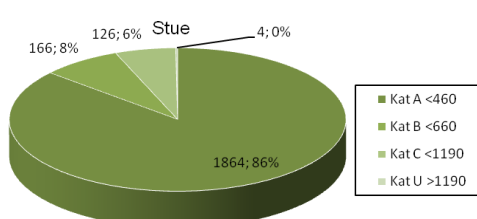


Figur 11.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

2010

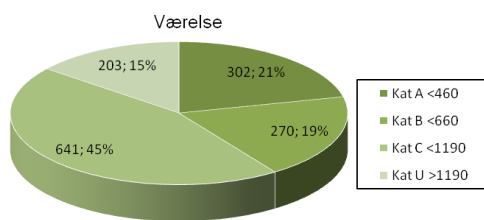


Figur 11.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

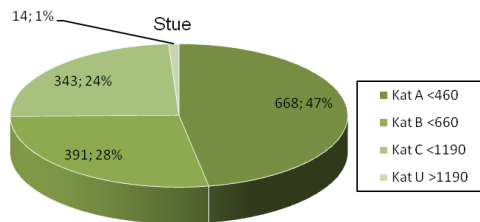


Figur 11.46: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

2011



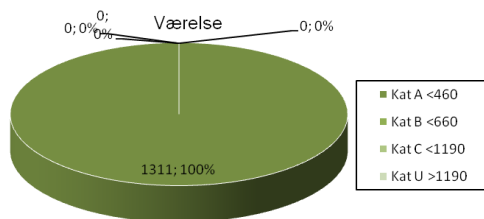
Figur 11.47: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



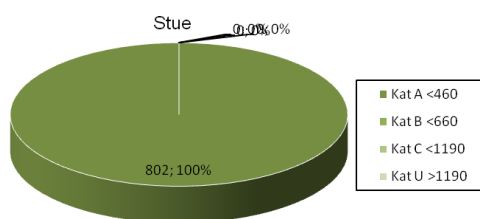
Figur 11.48: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

11.2.4 Forårssituation

2009

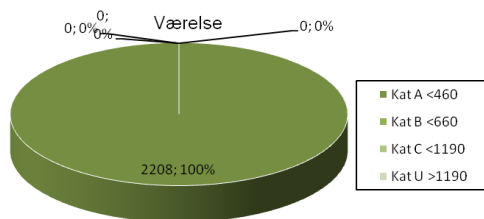


Figur 11.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

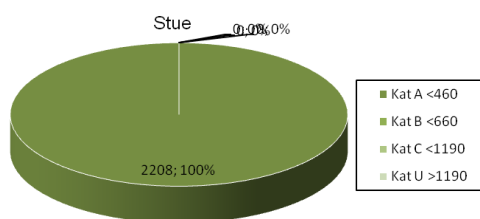


Figur 11.50: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

2010

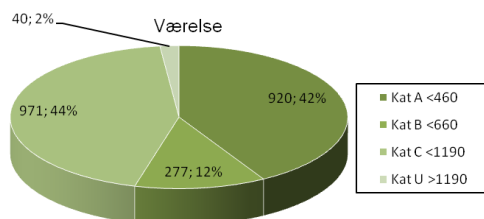


Figur 11.51: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

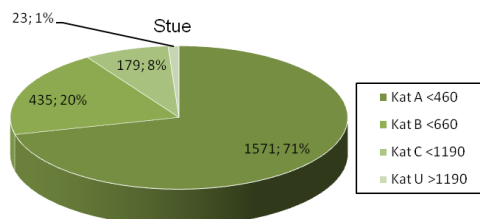


Figur 11.52: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

2011



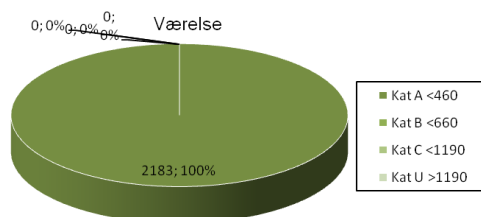
Figur 11.53: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



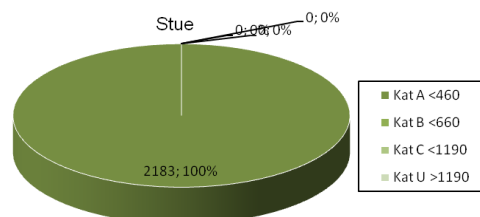
Figur 11.54: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

11.2.5 Efterårssituation

2009

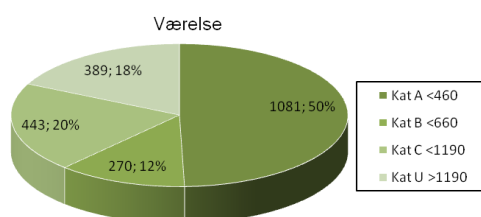


Figur 11.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

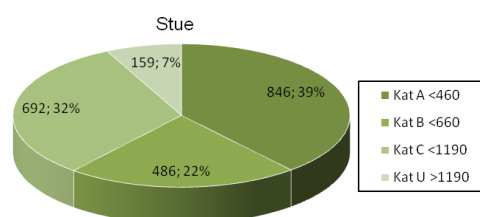


Figur 11.56: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

2010

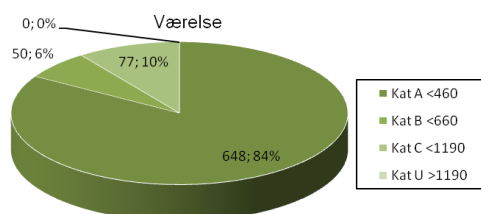


Figur 11.57: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

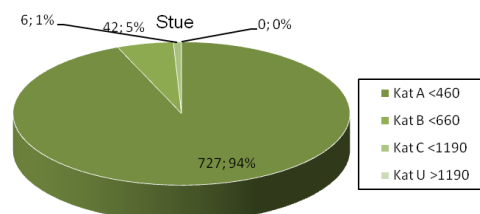


Figur 11.58: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

2011



Figur 11.59: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 11.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)

Dette bilag indeholder diagrammer for den relative luftfugtighed i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.2.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

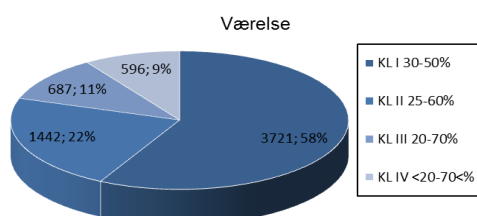
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

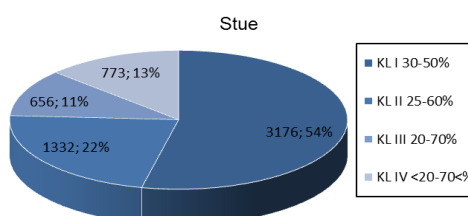
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

12.1.1 Generel situation hele året

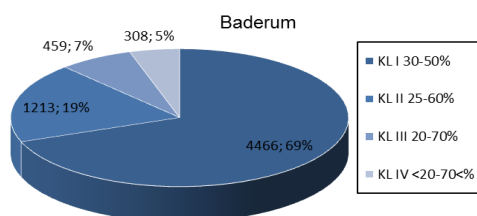
2009



Figur 12.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

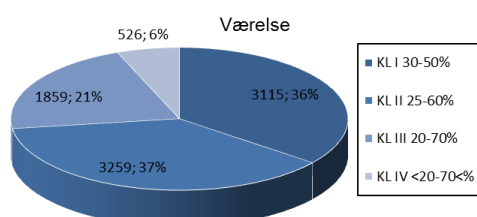


Figur 12.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

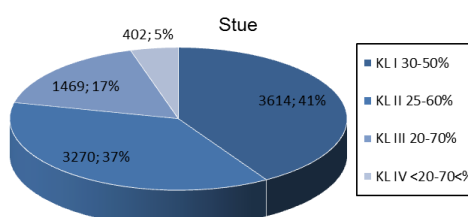


Figur 12.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

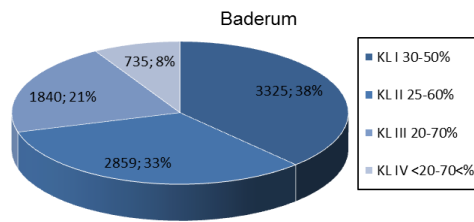
2010



Figur 12.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

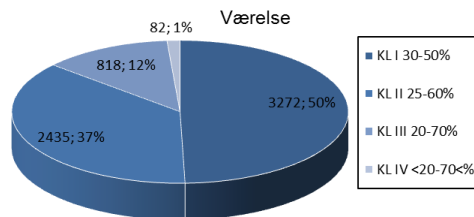


Figur 12.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

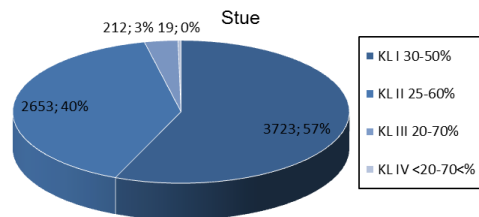


Figur 12.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

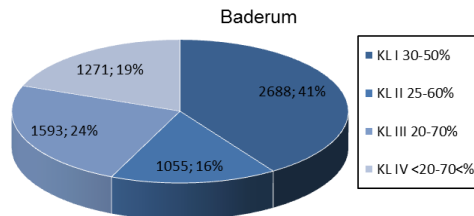
2011



Figur 12.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



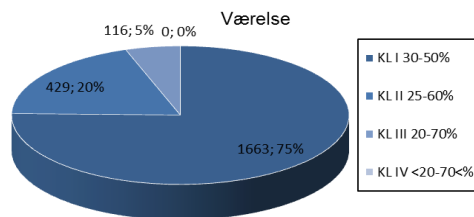
Figur 12.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



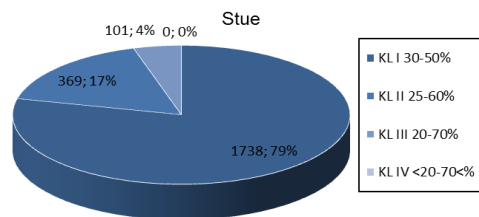
Figur 12.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

12.1.2 Sommersituation

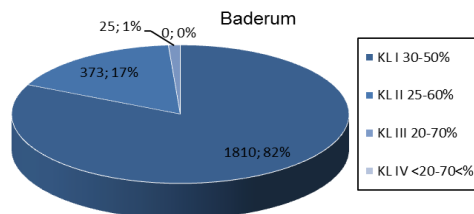
2009



Figur 12.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

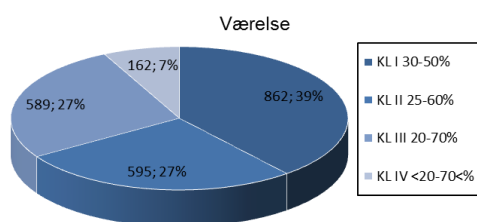


Figur 12.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

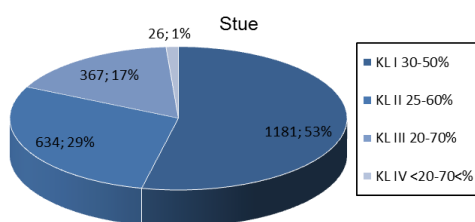


Figur 12.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

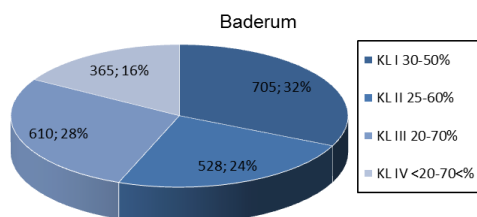
2010



Figur 12.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

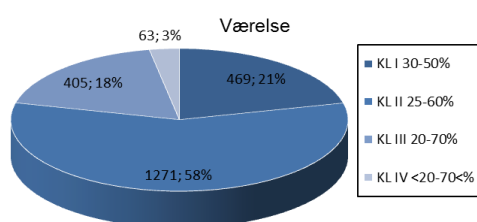


Figur 12.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

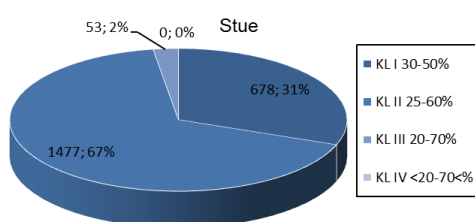


Figur 12.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

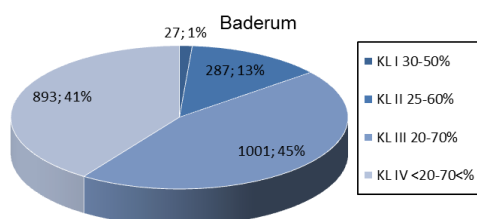
2011



Figur 12.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



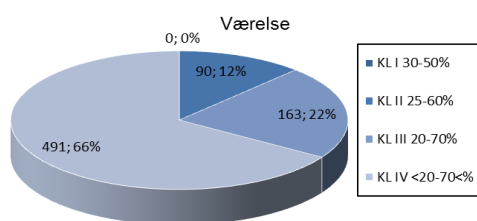
Figur 12.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



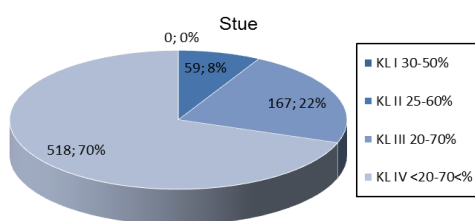
Figur 12.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.

12.1.3 Vintersituation

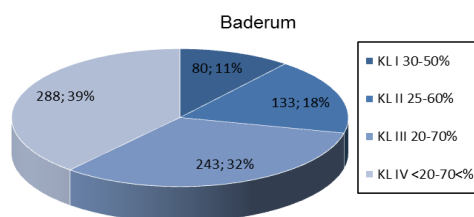
2009



Figur 12.19: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

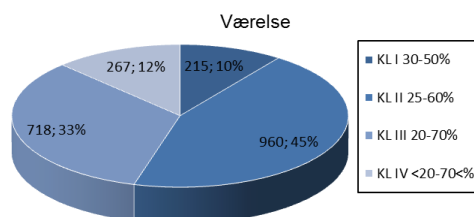


Figur 12.20: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

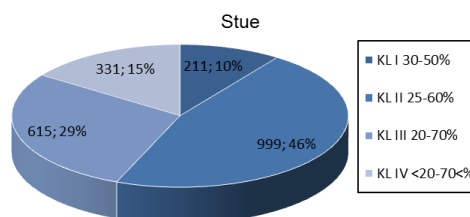


Figur 12.21: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

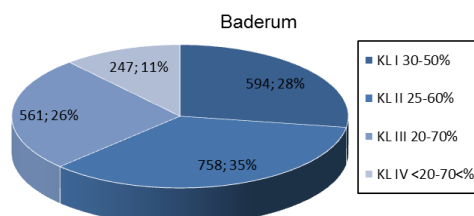
2010



Figur 12.22: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

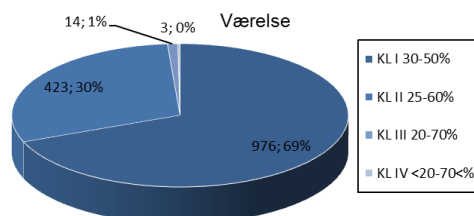


Figur 12.23: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

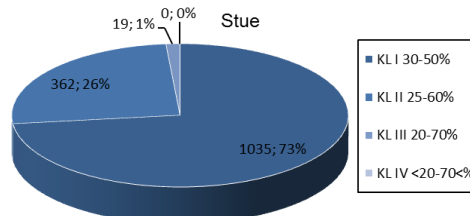


Figur 12.24: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

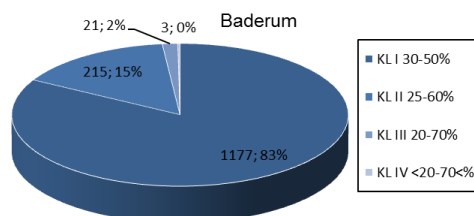
2011



Figur 12.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



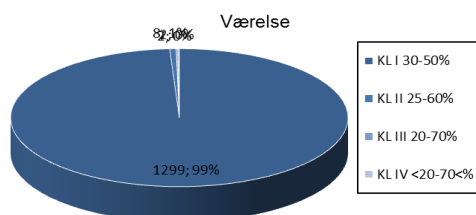
Figur 12.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



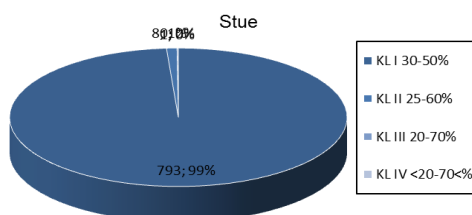
Figur 12.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

12.1.4 Forårssituation

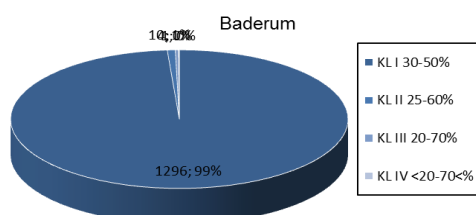
2009



Figur 12.28: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

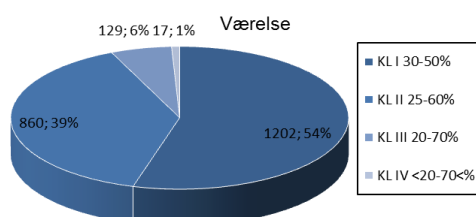


Figur 12.29: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

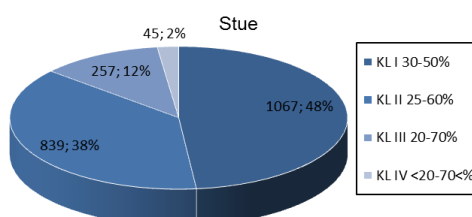


Figur 12.30: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

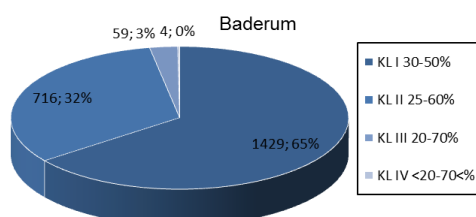
2010



Figur 12.31: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

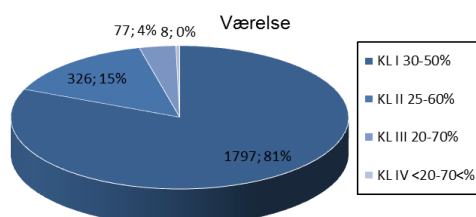


Figur 12.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

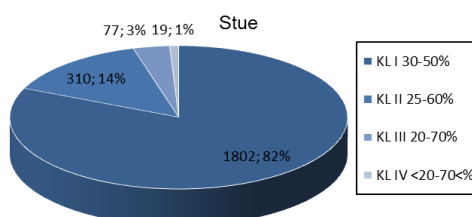


Figur 12.33: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

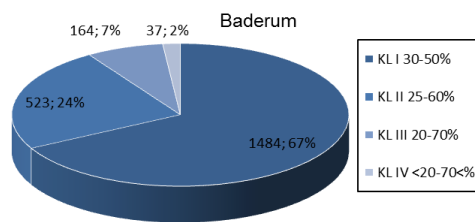
2011



Figur 12.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



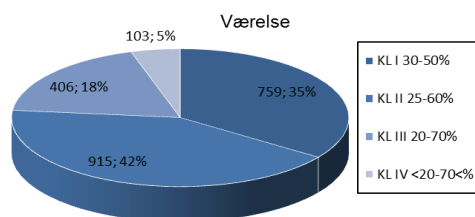
Figur 12.35: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



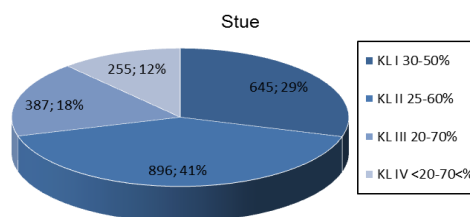
Figur 12.36: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

12.1.5 Efterårssituation

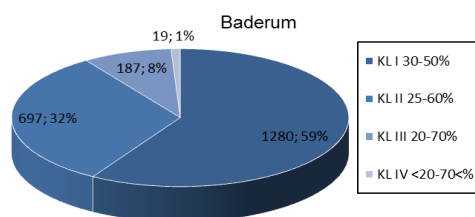
2009



Figur 12.37: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

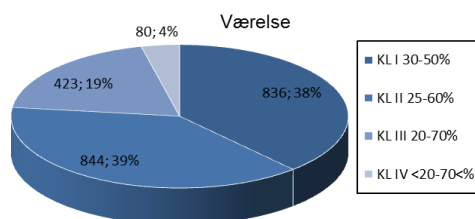


Figur 12.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

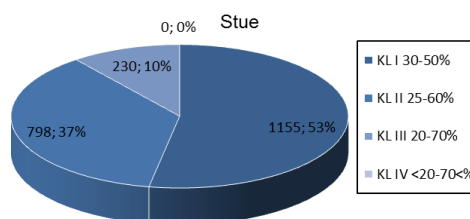


Figur 12.39: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

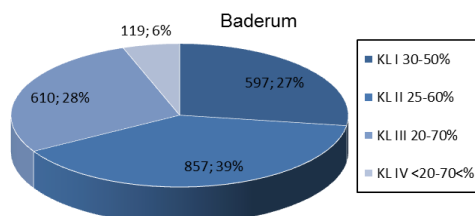
2010



Figur 12.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

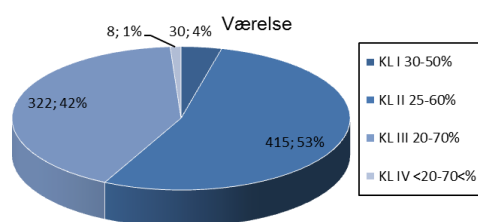


Figur 12.41: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

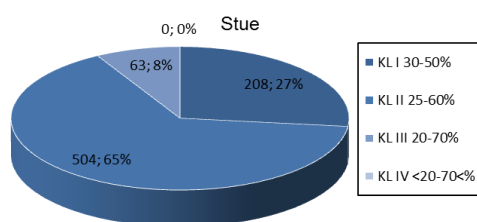


Figur 12.42: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

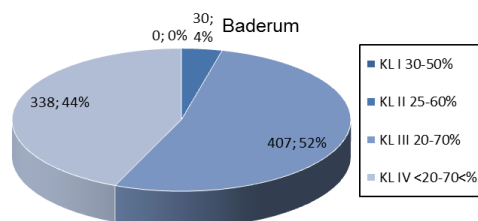
2011



Figur 12.43: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.44: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



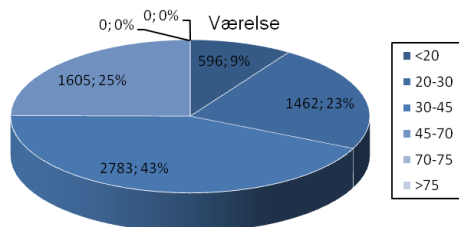
Figur 12.45: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.

12.2 Cirkeldiagrammer CR1752

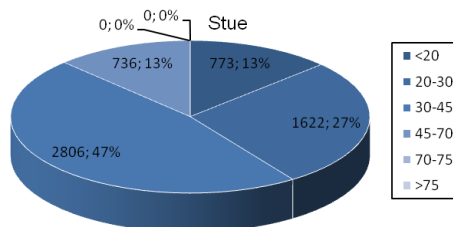
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

12.2.1 Generel situation hele året

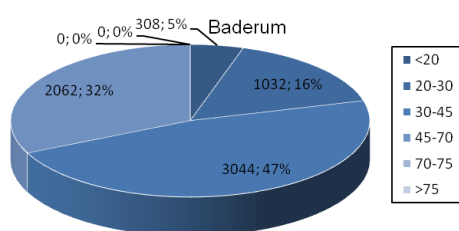
2009



Figur 12.46: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

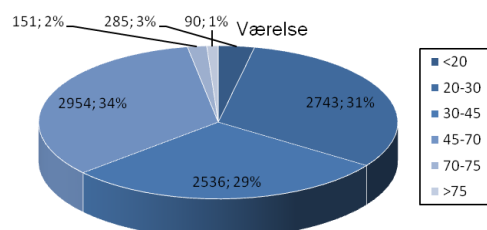


Figur 12.47: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

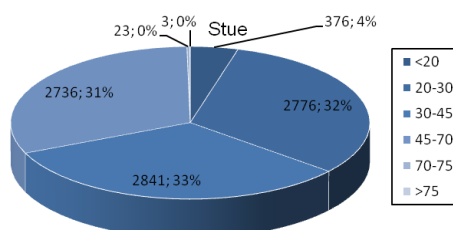


Figur 12.48: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

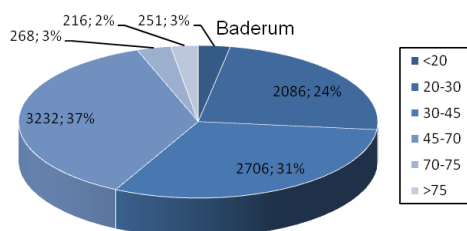
2010



Figur 12.49: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

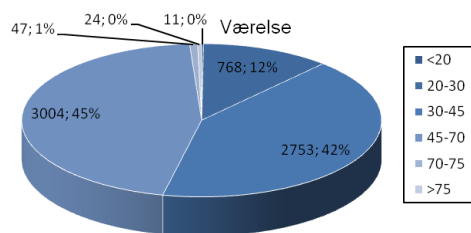


Figur 12.50: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

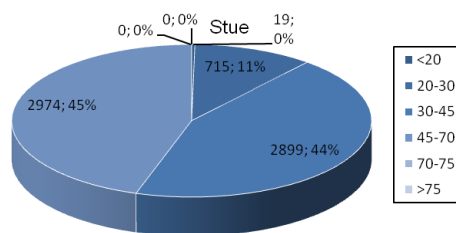


Figur 12.51: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

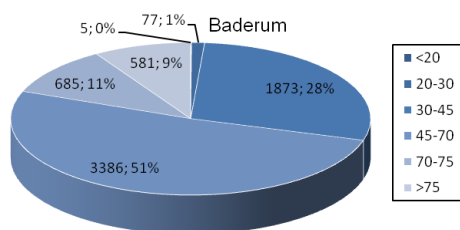
2011



Figur 12.52: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



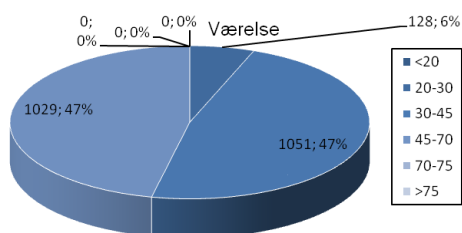
Figur 12.53: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



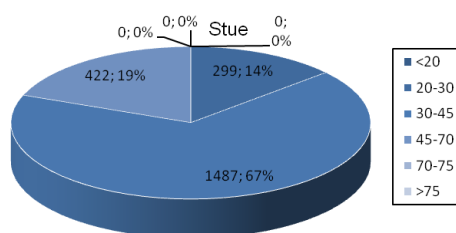
Figur 12.54: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

12.2.2 Sommersituation

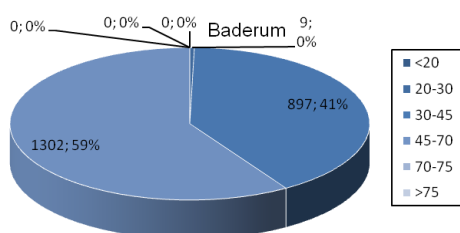
2009



Figur 12.55: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

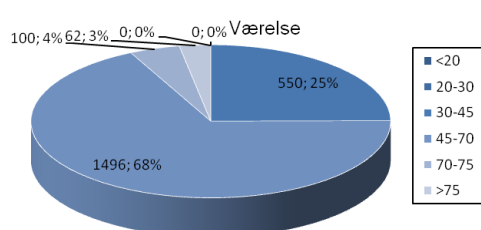


Figur 12.56: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

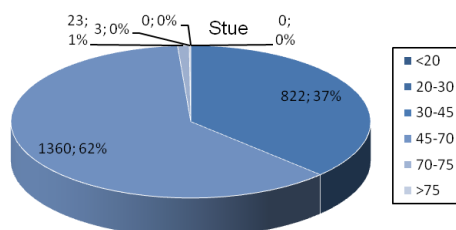


Figur 12.57: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

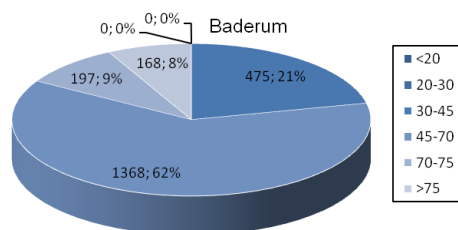
2010



Figur 12.58: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

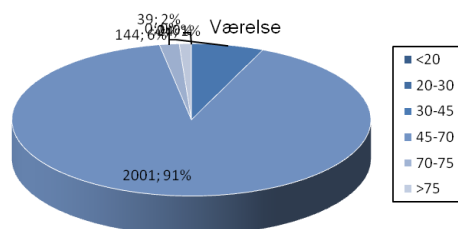


Figur 12.59: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

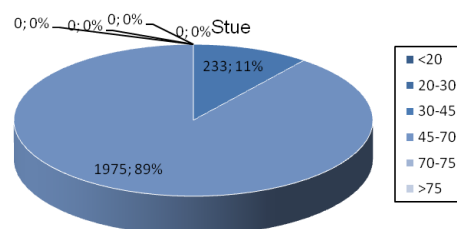


Figur 12.60: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

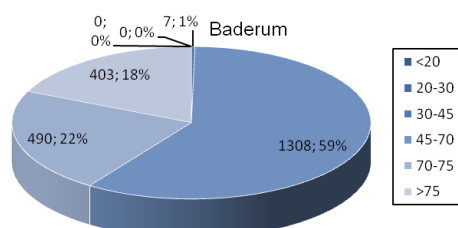
2011



Figur 12.61: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



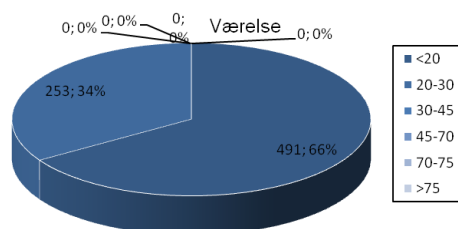
Figur 12.62: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



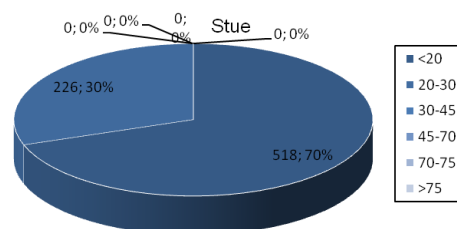
Figur 12.63: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.

12.2.3 Vintersituation

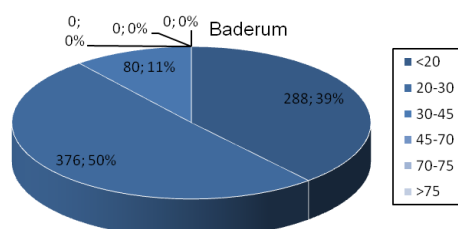
2009



Figur 12.64: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

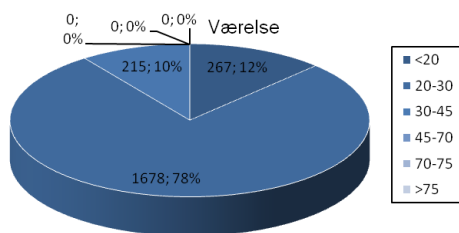


Figur 12.65: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

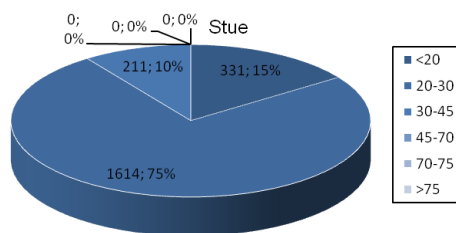


Figur 12.66: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

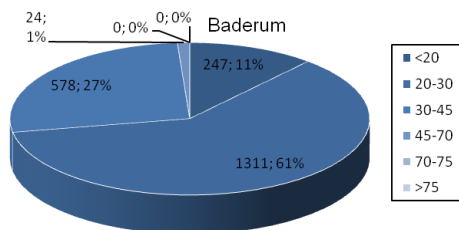
2010



Figur 12.67: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

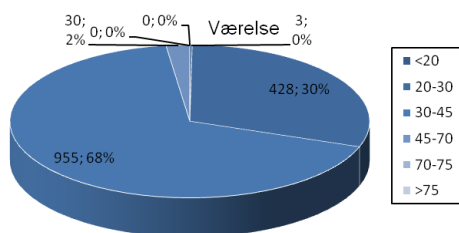


Figur 12.68: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

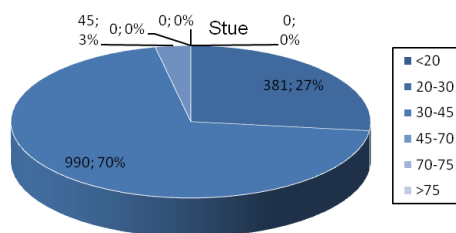


Figur 12.69: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

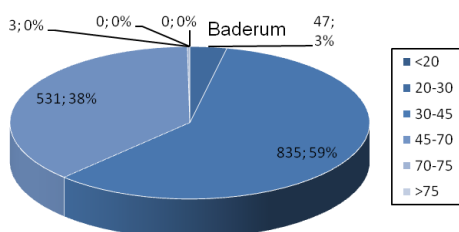
2011



Figur 12.70: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



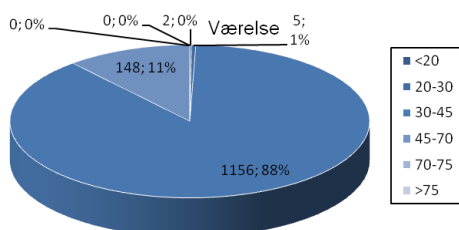
Figur 12.71: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



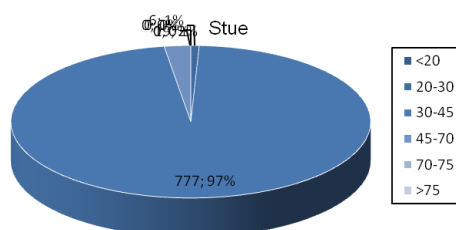
Figur 12.72: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

12.2.4 Forårssituation

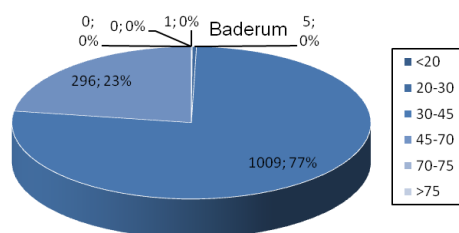
2009



Figur 12.73: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

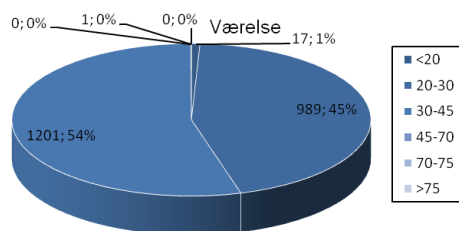


Figur 12.74: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

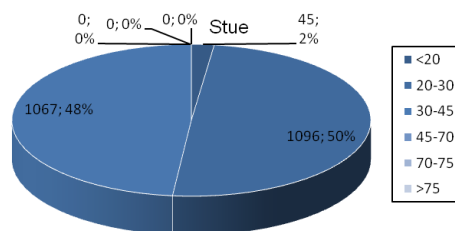


Figur 12.75: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

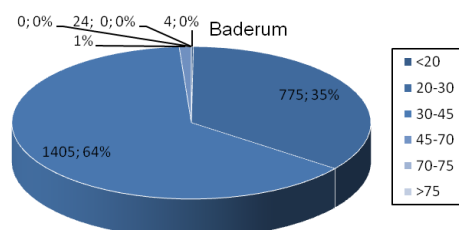
2010



Figur 12.76: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

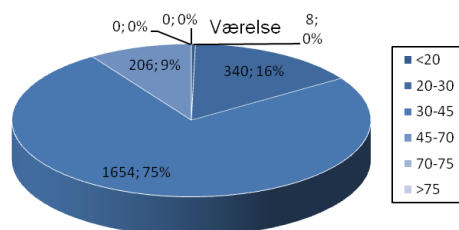


Figur 12.77: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

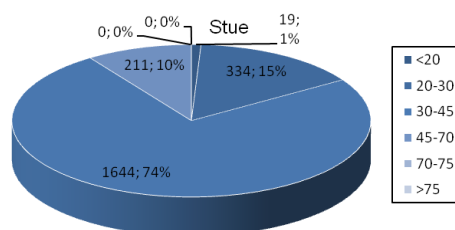


Figur 12.78: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

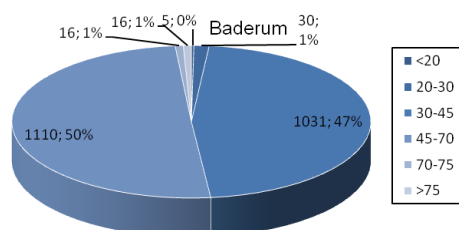
2011



Figur 12.79: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



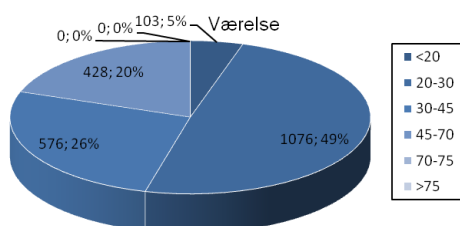
Figur 12.80: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



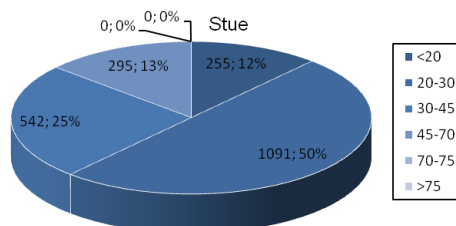
Figur 12.81: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

12.2.5 Efterårssituation

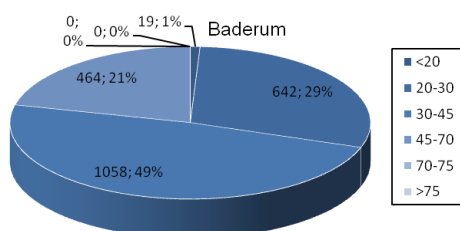
2009



Figur 12.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

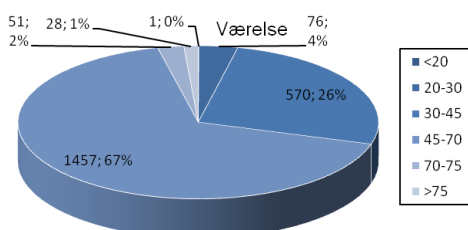


Figur 12.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

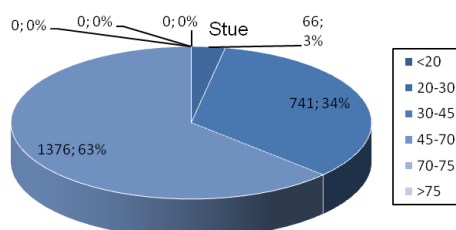


Figur 12.84: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

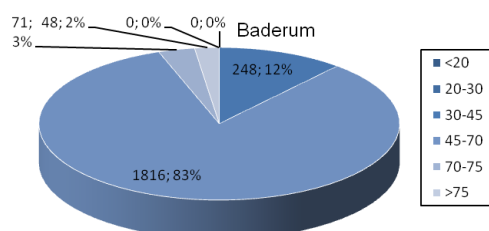
2010



Figur 12.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

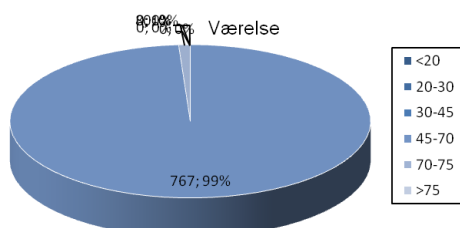


Figur 12.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

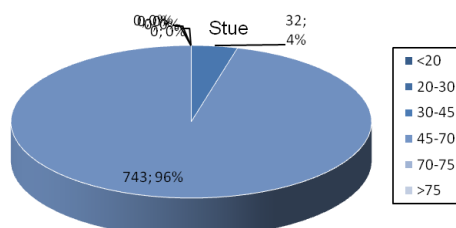


Figur 12.87: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

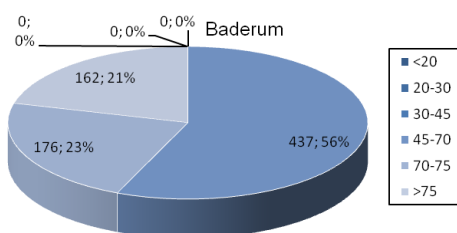
2011



Figur 12.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 12.90: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.

13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP

Der er for hvert hus i projektet genereret et kunstigt år med målte data. Disse data sammenlignes med beregninger foretaget med reelle vejrdato for et kunstigt år med vejrdato for samme måneder, som det kunstige år med forbrugsmålinger.

Vejrdato er genereret i Meteonorm ud fra målinger i Billund. Da data for solindfald ikke forefindes i Billund, er data interpoleret ud fra målere i List, København og Tåstrup.

Med hensyn til heating og cooling load i PHPP, er disse værdier fastholdt på samme værdi som i oprindelig beregning.

For Stenagervænget 39 er følgende kunstige vejrdato brugt i PHPP:

Latitude	Longitude	Altitude	Daily Temperature Swing Summer
55,7°	9,2°	66m	8,5K

Month	j	f	m	a	m	j
Ambient temperature [°C]	0,3	-0,2	2,9	10,4	11,2	15,0
North [kWh/m ²]	4	7	18	30	47	56
East [kWh/m ²]	6	13	39	80	110	115
South [kWh/m ²]	14	32	74	110	112	99
West [kWh/m ²]	6	16	45	83	106	98
Global [kWh/m ²]	9	21	61	120	167	168
Dew point [°C]	-0,3	-0,5	-0,2	2,9	6,6	9,8
Sky temperature [°C]	-9,6	-9,9	-9,5	-4,9	0,4	4,8

Tabel 13.1: Vejrdato til PHPP for første halvår af kunstigt år.

Month	j	a	s	o	n	d
Ambient temperature [°C]	15,7	15,6	13,7	8,2	2,1	-5,1
North [kWh/m ²]	46	36	22	13	5	3
East [kWh/m ²]	84	73	49	26	8	3
South [kWh/m ²]	84	86	81	58	22	8
West [kWh/m ²]	82	73	56	31	11	4
Global [kWh/m ²]	138	115	78	40	14	6
Dew point [°C]	12,0	12,6	10,1	6,6	2,0	-5,0
Sky temperature [°C]	7,8	8,7	5,3	0,4	-6,2	-16,8

Tabel 13.2: Vejrdato til PHPP for sidste halvår af kunstigt år.

